

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE, *CAMPUS* IRATI  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS DE IRATI – SEAA/I  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL – DEF  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM CIÊNCIAS  
FLORESTAIS**

**ECOLOGIA E MODELAGEM BIOMÉTRICA DE  
SAMAMBAIAS ARBORESCENTES EM FRAGMENTO DE  
FLORESTA OMBRÓFILA MISTA**

TESE DE DOUTORADO

**JOCASTA LERNER**

**IRATI – PARANÁ**

**2020**

**JOCASTA LERNER**

**ECOLOGIA E MODELAGEM BIOMÉTRICA DE  
SAMAMBAIAS ARBORESCENTES EM FRAGMENTO DE  
FLORESTA OMBRÓFILA MISTA**

**Comitê de Orientação:**

Profa. Dra. Andrea Nogueira Dias – UNICENTRO *Campus* Irati - Orientadora  
Prof. Dr. Afonso Figueiredo Filho – UNICENTRO *Campus* Irati - Coorientador  
Prof. Dr. Alexandre Uhlmann – EMBRAPA, Palmas (TO) - Coorientador  
Prof. Dr. Pedro Higuchi – UDESC, Lages (SC) - Coorientador

**IRATI – PARANÁ**

**2020**

Catálogo na Publicação  
Rede de Bibliotecas da Unicentro

L616e Lerner, Jocasta  
Ecologia e modelagem biométrica de samambaias arborescentes em  
fragmento de Floresta Ombrófila Mista / Jocasta Lerner. -- Irati, 2020.  
xxii, 187 f. : il. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de  
Pós-Graduação em Ciências Florestais, 2020.

Orientadora: Andrea Nogueira Dias  
Coorientador: Afonso Figueiredo Filho  
Coorientador: Alexandre Uhlmann  
Coorientador: Pedro Higuchi  
Banca examinadora: Carlos Roberto Sanquetta, Daniela Roberta  
Holdefer, Izabel Passos Bonete, Fabrício William de Ávila, Andrea Nogueira  
Dias. Suplentes: Márcio Leles Romarco de Oliveira, Eneida Martins Miskalo.

Bibliografia

1. *Alsophila setosa*. 2. *Cyathea corcovadensis*. 3. *Cyathea phalerata*. 4.  
*Dicksonia sellowiana*. 5. Fenologia. 6. Biomassa. I. Título. II. Programa de  
Pós-Graduação em Ciências Florestais.

CDD 634.9



## TERMO DE APROVAÇÃO

Defesa de Tese Nº 22

Jocasta Lerner

### “Ecologia e Modelagem Biométrica de Samambaias Arborescentes em Fragmento de Floresta Ombrófila Mista”

Tese aprovada em 17/03/2020, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor no Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, área de concentração em Manejo Sustentável de Recursos Florestais, da Universidade Estadual do Centro-Oeste, pela seguinte Banca Examinadora:

Dr. Carlos Roberto Sanquetta  
Universidade Federal do Paraná  
Primeiro Examinador

Dra. Daniela Roberta Holdefer  
Universidade Estadual do Paraná  
Segunda Examinadora

Dra. Izabel Passos Bonete  
Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Terceira Examinadora

Dr. Fabricio William de Ávila  
Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Quarto Examinador

Dra. Andrea Nogueira Dias  
Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Orientadora e Presidente da Banca Examinadora

Irati - PR  
2020

Home Page: <http://www.unicentro.br>

Campus Santa Cruz: Rua Salvatore Renna – Padre Salvador, 875, Bairro Santa Cruz – Cx. Postal 3010 – Fone: (42) 3621-1000 – FAX: (42) 3621-1090  
CEP 85015-430 – GUARAPUAVA - PR

Campus Cedeteg: Alameda Élio Antonio Dalla Vecchia, 838, Bairro Vila Carlí – Fone: (42) 3628-8100 – CEP 85040-167 – GUARAPUAVA – PR  
Campus de Irati: Rua Professora Maria Roza Zanon de Almeida, Bairro Engenheiro Gutierrez – Cx. Postal, 21 – Fone: (42) 3421-3000

CEP 84505-677 – IRATI – PR

**Dedico aos meus pais, Crécio e Matilde,  
por todo apoio, carinho e amor incondicional.  
Sei que vocês abriram mão dos seus sonhos  
para que eu pudesse realizar os meus.  
Espero um dia conseguir retribuir...**

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, pelo dom da vida.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível – CAPES em parceria com a Fundação Araucária, pela bolsa de estudos concedida.

À professora Andrea Nogueira Dias, pela orientação, carinho, atenção, aporte e conhecimentos repassados durante este curso que foram de grande valia para o desenvolvimento desta pesquisa, agradeço também o incentivo, a amizade, o afeto e a preocupação para comigo enquanto discente e pessoa.

Ao Professor Afonso Figueiredo Filho, pela coorientação, pelos ensinamentos, incentivos e desafios, agradeço também pela amizade e preocupação para comigo.

Ao Professor Pedro Higuchi pela coorientação, atenção, apoio e conhecimentos repassados.

Ao Professor Alexandre Uhlmann pela coorientação, atenção, contribuição e ensinamentos.

A todos os demais professores do programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da UNICENTRO, campus Irati por todo o conhecimento transmitido.

À secretária Adriane Mores da Luz, por toda sua prestatividade e atenção.

Aos amigos e colegas de Pós-Graduação Isabel Homczinski, Aline Beatriz do Vale, Karina Henkel Proceke de Deus, Carla Mussio, Tiago Grespan, Ramon Leite, Jéssica Ritchele Moura dos Santos, Luiz Henrique Natalli, Fábio Monteiro, Tarik Cuchi, Milayne Rickli, Franciele Retslaff, Antonio Higo de Sousa Maranhão, Bruno Bio Augusto, Daniele Lima, Misael Freitas, Mauro Alessandro Karasinski, Márcio Cordeiro, Pedro Paulo Gomes de Oliveira, William Masioli, aos graduandos Keyla Karine Michalichen, Willian dos Santos Cavassim, Alessandro Parizotto, Pedro Francisco da Silva Júnior, Leandra Hopaloski, Arthur Birais Gonçalves, Jéssica Sperotto, Kaline Nadal, Jhonathan Matheus Johnokowisky, Evando Daniel de Sousa, Luis Gustavo Fillus, Luan Felipe Teixeira, Edson Renan Kugeratski, Rafael F. Pasquini, Amélie Chrétien, Leonardo Benvenuti, Stefani Caroline Pacheski, Caroline Gaspar, João Gabriel Zanon Paludeto, aos funcionários Márcio Elias Teixeira, Ariel Gavlak, Sebastião Marcondes, pela colaboração e participação na coleta dos dados, saibam que a ajuda de vocês foi indispensável e imensurável.

À Fundação Araucária pelas bolsas de Iniciação Científica concedida aos graduandos Caroline Gaspar; João Gabriel Zanon Paludeto e Keyla Karine Michalichen.

A todos os amigos e colegas do programa de pós-graduação, que de alguma forma participaram e colaboraram com trocas de conhecimentos, saibam que vocês deixaram esta caminhada mais alegre e prazerosa.

À minha “irmã científica” e também irmã do coração, Isabel Homczinski por toda amizade, ajuda e paciência.

A todos os amigos e professores de outros cursos que em algum momento participaram da minha caminhada acadêmica.

A todos os funcionários de laboratório por sua prestatividade.

Aos meus companheiros de república e vizinhos, por todas as conversas alegres e descontraídas, saibam que vocês deixaram minha vida mais divertida!

Ao Projeto “Imbituvão” por todo apoio prestado.

E por último, mas não menos importante, ao meu sistema imunológico.

**MUITO OBRIGADA!**

*Um abismo.  
Uma ponte a ser construída.  
Não somente como um monumento,  
mas para permitir que outros prossigam  
com menos dificuldade.*  
**(Phillip Ross)**



## RESUMO

### LERNER, J. ECOLOGIA E MODELAGEM BIOMÉTRICA DE SAMAMBAIAS ARBORESCENTES EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA.

Objetivou-se conhecer a ecologia e modelagem biométrica das samambaias arborescentes das espécies *Alsophila setosa*, *Cyathea corcovadensis*, *Cyathea phalerata* e *Dicksonia sellowiana*. Avaliou-se a interação dos atributos do solo com a presença das samambaias arborescentes, sua fenologia, a fitossociologia, índices ecológicos, distribuição espacial e a dinâmica, ajuste de equações de hipsometria, volumetria e funções de afilamento e a quantificação do estoque de biomassa na Floresta Nacional de Irati (PR), em duas áreas: Área 1 (floresta nativa) e Área 2 (plantio de Araucárias). Utilizou-se uma matriz de atributos do solo com uma matriz vegetacional para a análise de correspondência canônica. Na fenologia (vegetativa e reprodutiva) foram selecionados 10 indivíduos de *A. setosa*, *C. phalerata*, *D. sellowiana*, e nove indivíduos de *C. corcovadensis*, com acompanhamento mensal no período de 2016-2019. O incremento em altura total foi aferido anualmente. Foram avaliadas as taxas de sincronia e das correlações das variáveis fenológicas com variáveis ambientais. Na fitossociologia, nas samambaias arborescentes foram mensurados o DAP e altura, além de outras variáveis qualitativas para calcular densidade, dominância, frequência e valor de importância, além de calculados os índices ecológicos (Shannon-Wiener, Pielou, Jaccard e Sorensen). Para analisar a distribuição espacial foram utilizados os índices Morisita, Payandeh e Hazen. Nos estudos da dinâmica de 2014-2017, avaliaram-se o crescimento, ingresso e mortalidade em nível de espécie para diâmetro, área transversal e altura total. Na modelagem biométrica (hipsometria, volumetria e funções de afilamento), utilizou-se dados de cubagem rigorosa de 35 indivíduos de *A. setosa* e 35 de *D. sellowiana*, seguida da extrapolação para a população. Na biomassa, foram selecionados 30 indivíduos de *A. setosa*, 30 de *D. sellowiana* e 30 indivíduos para o gênero *Cyathea*. As samambaias arborescentes foram separadas em dois componentes, sendo estes cáudice e fronde (pina e raque), que após obtido o peso verde em campo, foram levadas a estufa com ventilação forçada a 70° C até atingirem peso constante. Os atributos do solo demonstraram maior poder discriminante para o número de indivíduos de *C. corcovadensis* (maiores porcentagens de saturação por alumínio e capacidade de troca de cátions) e área basal de *D. sellowiana* (menores porcentagens de silte, magnésio, alumínio, potássio e fósforo). Sobre a fenologia, para *A. setosa* os báculos foram produzidos entre outubro e novembro e para sua fase reprodutiva houve pouca sincronia para os esporângios imaturos e não houve sincronia para os esporângios fechados e liberando esporos. *C. corcovadensis* produziu báculos entre outubro e novembro, para sua fase reprodutiva houve pouca sincronia. *C. phalerata* produziu báculos de setembro a novembro, sua fase reprodutiva teve alta sincronia. Para *D. sellowiana* os báculos foram produzidos de setembro a dezembro, sendo que na fase reprodutiva não houve sincronia. Sobre a fitossociologia, na Área 1 *A. setosa* apresentou 1539 ind.ha<sup>-1</sup>, área basal de 14,3 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> e maior IVI, *D. sellowiana* teve 82 ind.ha<sup>-1</sup> e 5,41 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> de área basal, *C. corcovadensis* teve 1 ind.ha<sup>-1</sup> e área basal de 0,04 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, *C. phalerata* teve 19 ind.ha<sup>-1</sup> e 0,35 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>. Na Área 2 *A. setosa* teve 601 ind.ha<sup>-1</sup>, área basal de 5,23 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> e segundo maior IVI, *D. sellowiana* teve 14 ind.ha<sup>-1</sup> e 0,39 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, *C. corcovadensis* teve 4 ind.ha<sup>-1</sup> e 0,08 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, *C. phalerata* teve 2 ind.ha<sup>-1</sup> e 0,02 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> de área basal. Sobre os índices ecológicos, a Área 1 possui maior diversidade. A distribuição espacial das espécies foi agregada. Sobre a dinâmica, o percentual de ingressos e mortalidade mais expressivo foi *Cyathea* spp, sobressaindo os ingressos. Na modelagem biométrica, para *A. setosa* o volume estimado pelo modelo de Schumacher-Hall foi de 60,015 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> para a Área 1, e 38,510 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> para a Área 2. Para *D. sellowiana*, o modelo de Henricksen foi o mais adequado para estimar a altura total, e o modelo da linha

reta para estimar a altura comercial, sendo o volume total estimado pelo modelo de Stoate, de 17,971 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> para Área 1 e 1,306 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, e o volume comercial também estimado pelo modelo de Stoate, em 14,498 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> para a Área 1 e 1,039 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> para a Área 2. Para as funções de afilamento de *D. sellowiana*, polinômio de 5º grau demonstrou melhor desempenho. Na biomassa *A. setosa* teve biomassa total de 8,113 t.ha<sup>-1</sup> para a Área 1, na Área 2 apresentou 2,684 t.ha<sup>-1</sup>. *Cyathea* spp apresentou biomassa total de 0,177 t.ha<sup>-1</sup> para a Área 1, na Área 2 teve 0,0305 t.ha<sup>-1</sup>. *Dicksonia sellowiana* teve biomassa total de 1,495 t.ha<sup>-1</sup> para a Área 1 e na Área 2 teve 0,149 t.ha<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** *Alsophila setosa*, *Cyathea corcovadensis*, *Cyathea phalerata*, *Dicksonia sellowiana*, fenologia, biomassa.

## ABSTRACT

### **LERNER, J. ECOLOGY AND BIOMETRIC MODELING OF TREE FERNS IN A FRAGMENT OF ARAUCARIA FOREST.**

The objective of this study was to understand the ecology and biometric modeling of the tree ferns of the species *Alsophila setosa*, *Cyathea corcovadensis*, *Cyathea phalerata* and *Dicksonia sellowiana*. The interaction of soil attributes with the presence of arborescent ferns, their phenology, phytosociology, ecological indexes, spatial distribution and dynamics, adjustment of hypsometry equations, volumetry and tapering functions and the quantification of the biomass stock were evaluated in the Irati National Forest (PR), in two areas: Area 1 (native forest) and Area 2 (Araucária plantation). A matrix of soil attributes with a vegetational matrix was used for the analysis of canonical correspondence. In phenology (vegetative and reproductive), 10 individuals from *A. setosa*, *C. phalerata*, *D. sellowiana*, and nine individuals from *C. corcovadensis* were selected, with monthly monitoring in the period 2016-2019. The increase in total height was measured annually. Synchrony rates and correlations between phenological variables and environmental variables were evaluated. In phytosociology, DBH and height were measured in tree ferns, as well as other qualitative variables to calculate density, dominance, frequency and importance value, in addition to the ecological indexes (Shannon-Wiener, Pielou, Jaccard and Sorensen). To analyze the spatial distribution, the Morisita, Payandeh and Hazen indices were used. In the 2014-2017 dynamics studies, growth, ingrowth and mortality were assessed at the species level for diameter, cross-sectional area and total height. In biometric modeling (hypsometry, volumetry and tapering functions), rigorous cubing data from 35 individuals from *A. setosa* and 35 from *D. sellowiana* were used, followed by extrapolation to the population. In biomass, 30 individuals of *A. setosa*, 30 of *D. sellowiana* and 30 individuals for the genus *Cyathea* were selected. The tree ferns were separated into two components, these being the caudex and frond (pinna and rachis), which after obtaining the green weight in the field, were taken to the greenhouse with forced ventilation at 70 ° C until they reached constant weight. The soil attributes showed greater discriminating power for the number of individuals of *C. corcovadensis* (higher percentages of saturation by aluminum and cation exchange capacity) and basal area of *D. sellowiana* (lower percentages of silt, magnesium, aluminum, potassium and phosphorus). Regarding phenology, for *A. setosa* the croziers were produced between October and November and for their reproductive phase there was little synchrony for the immature sporangia and there was no synchrony for the closed sporangia and releasing spores. *C. corcovadensis* produced croziers between October and November, for its reproductive phase there was little synchrony. *C. phalerata* produced croziers from September to November, its reproductive phase was highly synchronized. For *D. sellowiana*, the croziers were produced from September to December, and in the reproductive phase there was no synchrony. About phytosociology, in Area 1 *A. setosa* presented 1539 ind.ha<sup>-1</sup>, basal area of 14.3 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> and the largest IVI, *D. sellowiana* had 82 ind.ha<sup>-1</sup> and 5.41 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> basal area, *C. corcovadensis* had 1 ind.ha<sup>-1</sup> and basal area of 0.04 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, *C. phalerata* had 19 ind.ha<sup>-1</sup> and 0.35 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>. In Area 2 *A. setosa* had 601 ind.ha<sup>-1</sup>, with basal area of 5.23 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> and second largest IVI, *D. sellowiana* had 14 ind.ha<sup>-1</sup> and 0.39 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, *C. corcovadensis* had 4 ind.ha<sup>-1</sup> and 0.08 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, *C. phalerata* had 2 ind.ha<sup>-1</sup> and 0.02 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> of basal area. Regarding ecological indexes, Area 1 has greater diversity. The spatial distribution of the species was aggregated. Regarding the dynamics, the percentage of ingrowth and mortality that was most expressive was *Cyathea* spp, with the highest ingrowth. In biometric modeling, for *A. setosa* the volume estimated by the Schumacher-Hall model was 60.015 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> for Area 1, and 38.510 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> for Area 2. For

*D. sellowiana*, the model of Henricksen was the most adequate to estimate the total height, and the straight line model to estimate the commercial height, with the total volume estimated by the Stoate model, being 17.971 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> for Area 1 and 1.306 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, and the commercial volume also estimated by the Stoate model, at 14.498 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> for Area 1 and 1.039 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> for Area 2. For the tapering functions of *D. sellowiana*, a 5th degree polynomial demonstrated better performance. In biomass *A. setosa* had a total biomass of 8,113 t.ha<sup>-1</sup> for Area 1, in Area 2 it presented 2,684 t.ha<sup>-1</sup>. *Cyathea* spp showed a total biomass of 0.177 t.ha<sup>-1</sup> for Area 1, in Area 2 it had 0.0305 t.ha<sup>-1</sup>. *Dicksonia sellowiana* had a total biomass of 1,495 t.ha<sup>-1</sup> for Area 1 and in Area 2 it had 0.149 t.ha<sup>-1</sup>.

**Keywords:** *Alsophila setosa*, *Cyathea corcovadensis*, *Cyathea phalerata*, *Dicksonia sellowiana*, phenology, biomass.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ocorrência Natural da Floresta Ombrófila Mista. ....	25
Figura 2: Samambaias arborescentes das espécies <i>Dicksonia sellowiana</i> (Pres.) Hook. (A); <i>Alsophila setosa</i> Kaulf (B); <i>Cyathea corcovadensis</i> (Raddi) Domin (C), <i>Cyathea phalerata</i> Mart (D). ....	29
Figura 3: Localização da Floresta Nacional de Irati (FNI), Paraná. ....	34
Figura 4: Representação de ocorrência das classes de solo na área estudada, nas parcelas permanentes na Floresta Nacional de Irati, Paraná. ....	35
Figura 5: Localização das Parcelas Permanentes na Floresta Nacional de Irati, Paraná. ....	36
Figura 6: Croqui dos 25 ha de parcelas permanentes na Floresta Nacional de Irati. ....	37
Figura 7: Croqui dos 10 ha de parcelas permanentes na Floresta Nacional de Irati. ....	38
Figura 8: Diagrama de ordenação dos dois primeiros eixos da análise de correspondência canônica para as espécies de samambaias arborescentes com atributos químicos e granulometria do solo, na Floresta Nacional de Irati-PR. Em que: ASn – número de <i>Alsophila setosa</i> , ASg – área basal de <i>Alsophila setosa</i> , CCn – número de <i>Cyathea corcovadensis</i> , CPn – número de <i>Cyathea phalerata</i> , DSn – número de <i>Dicksonia sellowiana</i> , DSg – área basal de <i>Dicksonia sellowiana</i> , P – fósforo, pH – acidez, Al – alumínio, Ca <sup>2+</sup> - cálcio , Mg <sup>2+</sup> - magnésio, K <sup>+</sup> – potássio, CTC – capacidade troca de cátions. ....	51
Figura 9: Valores médios mensais para temperaturas (°C) mínimas, médias e máximas, e valores médios para precipitação (mm). Dados cedidos pelo IAPAR – Estação Fernandes Pinheiro, PR. ....	55
Figura 10: Valores do fotoperíodo de outubro de 2016 a setembro de 2019 para a Floresta Nacional de Irati, PR. ....	55
Figura 11: Produção individual de báculos para <i>A. setosa</i> em números médios (A) com respectiva sincronia (B), na Floresta Nacional de Irati – PR. ....	56
Figura 12: Produção individual de frondes maduras para <i>A. setosa</i> em números médios, na Floresta Nacional de Irati – PR. ....	57
Figura 13: Produção de frondes senescentes para <i>A. setosa</i> em números médios, na Floresta Nacional de Irati – PR. ....	57
Figura 14: Produção individual de frondes com esporângios imaturos para <i>A. setosa</i> em números médios (A) com respectiva sincronia (B), na Floresta Nacional de Irati – PR. ....	58
Figura 15: Frondes com esporângios fechados em <i>A. setosa</i> em números médios (A) com respectiva sincronia (B), na Floresta Nacional de Irati – PR. ....	58
Figura 16: Produção individual de frondes liberando esporos de <i>A. setosa</i> em números médios (A) com respectiva sincronia (B), na Floresta Nacional de Irati – PR. ....	59
Figura 17: Produção individual de báculos para <i>C. corcovadensis</i> em números médios (A) com respectiva sincronia (B), na Floresta Nacional de Irati – PR. ....	61
Figura 18: Produção individual de frondes maduras para <i>C. corcovadensis</i> em números médios, na Floresta Nacional de Irati – PR. ....	62
Figura 19: Produção individual de frondes senescentes para <i>C. corcovadensis</i> em números médios, na Floresta Nacional de Irati – PR. ....	62
Figura 20: Produção individual de frondes com esporângios imaturos em <i>C. corcovadensis</i> em números médios (A) com respectiva sincronia (B), na Floresta Nacional de Irati – PR. ....	63
Figura 21: Frondes com esporângios fechados em <i>C. corcovadensis</i> em números médios (A) com respectiva sincronia (B), na Floresta Nacional de Irati – PR. ....	63
Figura 22: Produção individual de frondes liberando esporos em <i>C. corcovadensis</i> em números médios (A) com respectiva sincronia (B), na Floresta Nacional de Irati – PR. ....	64

Figura 23: Produção individual de báculos para <i>C. phalerata</i> em números médios (A) com respectiva sincronia (B), na Floresta Nacional de Irati – PR.....	67
Figura 24: Produção individual de frondes maduras para <i>C. phalerata</i> em números médios, na Floresta Nacional de Irati – PR. ....	67
Figura 25: Produção individual de frondes senescentes para <i>C. phalerata</i> em números médios, na Floresta Nacional de Irati – PR. ....	67
Figura 26: Produção individual de frondes com esporângios imaturos em <i>C. phalerata</i> em números médios (A) com respectiva sincronia (B), na Floresta Nacional de Irati – PR.....	68
Figura 27: Produção individual de frondes esporângios fechados em <i>C. phalerata</i> em números médios (A) com respectiva sincronia (B), na Floresta Nacional de Irati – PR.....	69
Figura 28: Produção individual de frondes liberando esporos em <i>C. phalerata</i> em números médios (A) com respectiva sincronia (B), na Floresta Nacional de Irati – PR.....	69
Figura 29: Produção individual de báculos para <i>D. sellowiana</i> em números médios (A) com respectiva sincronia (B), na Floresta Nacional de Irati – PR.....	72
Figura 30: Produção individual de frondes maduras para <i>D. sellowiana</i> em números médios, na Floresta Nacional de Irati – PR. ....	72
Figura 31: Produção individual de frondes senescentes para <i>D. sellowiana</i> em números médios, na Floresta Nacional de Irati – PR. ....	73
Figura 32: Produção individual de frondes com esporângios imaturos em <i>D. sellowiana</i> em números médios (A) com respectiva sincronia (B), na Floresta Nacional de Irati – PR....	73
Figura 33: Produção individual de frondes com esporângios fechados em <i>D. sellowiana</i> em números médios (A) com respectiva sincronia (B), na Floresta Nacional de Irati – PR....	74
Figura 34: Produção individual de frondes liberando esporos em <i>D. sellowiana</i> em números médios (A) com respectiva sincronia (B), na Floresta Nacional de Irati – PR.....	74
Figura 35: Riqueza por família das espécies arbóreas e samambaias arborescentes para a Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati. ....	93
Figura 36: Riqueza por família das espécies arbóreas e samambaias arborescentes para a Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati. ....	94
Figura 37: Curva de rarefação para a Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati.....	95
Figura 38: Curva de rarefação para a Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati.....	95
Figura 39: Exemplos de epífitas sobre os forófitos de samambaias arborescentes na Floresta Nacional de Irati – PR.....	101
Figura 40: Raízes adventícias de <i>C. phalerata</i> na Floresta Nacional de Irati – PR.....	103
Figura 41: Estruturas populacionais de <i>Alsophila setosa</i> para os cenários de 2014 (AS.2014) e 2017 (AS.2017) na Área 1, na Floresta Nacional de Irati (PR). ....	111
Figura 42: Estruturas populacionais de <i>Cyathea</i> spp para os cenários de 2014 (C.2014) e 2017 (C.2017) na Área 1, na Floresta Nacional de Irati (PR). ....	111
Figura 43: Estruturas populacionais de <i>Dicksonia sellowiana</i> para os cenários de 2014 (DS.2014) e 2017 (DS.2017) na Área 1, na Floresta Nacional de Irati (PR). ....	111
Figura 44: Estrutura populacional de <i>Alsophila setosa</i> em classes de altura na Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati, PR.....	128
Figura 45: Estrutura populacional de <i>Alsophila setosa</i> em classes de altura na Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati, PR.....	129
Figura 46: Diagrama de dispersão da altura total com seu respectivo DAP para <i>Alsophila setosa</i> , na Área 1 (1,85 ha), Floresta Nacional de Irati, PR. ....	130
Figura 47: Diagrama de dispersão da altura total com seu respectivo DAP para <i>Alsophila setosa</i> , na Área 2 (1,1 ha), Floresta Nacional de Irati, PR.....	131
Figura 48: Dispersão de resíduos do volume para os melhores modelos ajustados para <i>Alsophila setosa</i> , na Floresta Nacional de Irati, PR. ....	131

Figura 49: Perfil médio da altura total para <i>Alsophila setosa</i> , na Floresta Nacional de Irati, PR. ....	133
Figura 50: Estrutura populacional de <i>Cyathea</i> spp em classes de altura na Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati, PR. ....	134
Figura 51: Estrutura populacional de <i>Cyathea</i> spp em classes de altura na Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati, PR. ....	135
Figura 52: Diagrama de dispersão da altura total com seu respectivo DAP para <i>Cyathea</i> spp, na Área 1 (1,85 ha), Floresta Nacional de Irati, PR. ....	136
Figura 53: Diagrama de dispersão da altura total com seu respectivo DAP para <i>Cyathea</i> spp, na Área 2 (1,1 ha), Floresta Nacional de Irati, PR. ....	137
Figura 54: Estrutura populacional de <i>Dicksonia sellowiana</i> em classes de altura na Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati, PR. ....	137
Figura 55: Estrutura populacional de <i>Dicksonia sellowiana</i> em classes de altura na Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati, PR. ....	139
Figura 56: Diagrama de dispersão da altura total com seu respectivo DAP para <i>Dicksonia sellowiana</i> , na Área 1 (1,85 ha), Floresta Nacional de Irati, PR. ....	140
Figura 57: Diagrama de dispersão da altura total com seu respectivo DAP para <i>Dicksonia sellowiana</i> , na Área 2 (1,1 ha), Floresta Nacional de Irati, PR. ....	140
Figura 58: Dispersão de resíduos da altura total para os melhores modelos ajustados para <i>Dicksonia sellowiana</i> , na Floresta Nacional de Irati, PR. ....	141
Figura 59: Dispersão de resíduos da altura comercial para os melhores modelos ajustados para <i>Dicksonia sellowiana</i> , na Floresta Nacional de Irati, PR. ....	142
Figura 60: Dispersão de resíduos do volume total para os melhores modelos ajustados para <i>Dicksonia sellowiana</i> , na Floresta Nacional de Irati, PR. ....	142
Figura 61: Dispersão de resíduos do volume comercial para os melhores modelos ajustados para <i>Dicksonia sellowiana</i> , na Floresta Nacional de Irati, PR. ....	144
Figura 62: Perfil médio da altura total para <i>Dicksonia sellowiana</i> , na Floresta Nacional de Irati, PR. ....	146
Figura 63: Perfil médio da altura comercial para <i>Dicksonia sellowiana</i> , na Floresta Nacional de Irati, PR. ....	146
Figura 64 - Dispersão dos resíduos para estimativa da altura total nas alturas relativas mensuradas para <i>Dicksonia sellowiana</i> , na Floresta Nacional de Irati, PR. ....	147
Figura 65: Dispersão dos resíduos para estimativa da altura comercial nos percentis de altura mensurados para <i>Dicksonia sellowiana</i> , na Floresta Nacional de Irati, PR. ....	147
Figura 66: Classes de altura com suas respectivas estimativas de biomassa para as componentes pina, raque (e fronde por somatória) em toneladas para <i>Alsophila setosa</i> para a Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati. ....	159
Figura 67: Dispersão de resíduos da estimativa da biomassa de cáudice para os dois melhores modelos ajustados para <i>Alsophila setosa</i> , na Floresta Nacional de Irati. ....	161
Figura 68: Classes de altura com suas respectivas estimativas de biomassa de cáudice para <i>Alsophila setosa</i> em toneladas para a Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati. ....	162
Figura 69: Classes de altura com suas respectivas estimativas de biomassa de <i>Alsophila setosa</i> para as componentes pina, raque (e fronde por somatória) em toneladas para a Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati. ....	163
Figura 70: Classes de altura com suas respectivas estimativas de biomassa de cáudice para <i>Alsophila setosa</i> em toneladas para a Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati. ....	164
Figura 71: Classes de altura com suas respectivas estimativas de biomassa de <i>Cyathea</i> spp para as componentes pina, raque (e fronde por somatória) em toneladas para a Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati. ....	167

Figura 72: Dispersão de resíduos da biomassa de cáudice para os dois melhores modelos ajustados para <i>Cyathea</i> spp na Floresta Nacional de Irati. ....	168
Figura 73: Classes de altura com suas respectivas estimativas de biomassa de cáudice para <i>Cyathea</i> spp em toneladas para a Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati. ....	169
Figura 74: Classes de altura com suas respectivas estimativas de biomassa de <i>Cyathea</i> spp para as componentes pina, raque (e fronde por somatória) em toneladas para a Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati.....	170
Figura 75: Classes de altura com suas respectivas estimativas de biomassa de cáudice para <i>Cyathea</i> spp em toneladas para a Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati.....	171
Figura 76: Classes de altura com suas respectivas estimativas de biomassa de <i>Dicksonia sellowiana</i> para as componentes pina, raque (e fronde por somatória) em toneladas para a Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati. ....	174
Figura 77: Dispersão de Resíduos da biomassa de cáudice para os dois melhores modelos ajustados para <i>Dicksonia sellowiana</i> , na Floresta Nacional de Irati. ....	176
Figura 78: Classes de altura com suas respectivas estimativas de biomassa de cáudice para <i>Dicksonia sellowiana</i> em toneladas para a Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati. .	177
Figura 79: Classes de altura com suas respectivas estimativas de biomassa de <i>Dicksonia sellowiana</i> para as componentes pina, raque (e fronde por somatória) em toneladas para a Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati. ....	178
Figura 80: Classes de altura com suas respectivas estimativas de biomassa de cáudice para <i>Dicksonia sellowiana</i> em toneladas para a Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati. ...	179



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores de média e desvio padrão para a densidade (n) e área basal da parcela (g) das quatro espécies de samambaias arborescentes para as 25 unidades amostrais e seus valores correspondentes para atributos químicos e granulometria.....	50
Tabela 2: Autovalores para cada eixo com valores da variância acumulada a cada eixo para a análise canônica para as espécies de samambaias arborescentes com atributos químicos e granulometria, na Floresta Nacional de Irati-PR.Floresta Ombrófila Mista. ....	52
Tabela 3: Escores das espécies de samambaias arborescentes para os dois primeiros eixos da análise canônica, na Floresta Nacional de Irati-PR. Onde: ASn – densidade de <i>Alsophila setosa</i> , ASg – área basal de <i>Alsophila setosa</i> , CCn – densidade de <i>Cyathea corcovadensis</i> , CPn – densidade de <i>Cyathea phalerata</i> , DSn – densidade de <i>Dicksonia sellowiana</i> , DSg – área basal de <i>Dicksonia sellowiana</i> . ....	52
Tabela 4: Escores dos atributos químicos do solo juntamente com a granulometria para os dois primeiros eixos da análise canônica, na Floresta Nacional de Irati-PR. ....	52
Tabela 5: Estatísticas da variável altura total (m) para 10 indivíduos de <i>Alsophila setosa</i> em amostragem fenológica (2016-2019), na Floresta Nacional de Irati –PR. ....	56
Tabela 6: Correlação de Spearman para altura total (Ht), incremento em altura total, produção de frondes (Frondes), báculos, frondes maduras, senescentes e férteis para <i>Alsophila setosa</i> , na Floresta Nacional de Irati-PR. ....	59
Tabela 7: Correlação de Spearman para temperatura (mínima, média e máxima), precipitação, fotoperíodo, báculos, frondes maduras, senescentes e férteis (imatuross, fechados e liberando) para <i>Alsophila setosa</i> , na Floresta Nacional de Irati-PR.....	60
Tabela 8: Estatísticas da variável altura total (m) para nove indivíduos de <i>Cyathea corcovadensis</i> em amostragem fenológica, na Floresta Nacional de Irati –PR.....	61
Tabela 9: Valores da correlação de Spearman para altura total (Ht), incremento em altura total, produção de frondes (frondes), báculos, frondes maduras, senescentes e férteis para <i>Cyathea corcovadensis</i> , na Floresta Nacional de Irati-PR. ....	65
Tabela 10: Correlação de Spearman para temperatura (mínima, média e máxima), precipitação, fotoperíodo, báculos, frondes maduras, senescentes e férteis (imatuross, fechados e liberando) para <i>Cyathea corcovadensis</i> , na Floresta Nacional de Irati-PR.....	65
Tabela 11: Estatísticas da variável altura total (m) para 10 indivíduos de <i>Cyathea phalerata</i> em amostragem fenológica, na Floresta Nacional de Irati –PR.....	66
Tabela 12: Valores da correlação de Spearman para altura total (Ht), incremento em altura total, produção de frondes (Frondes), báculos, frondes maduras, senescentes e férteis para <i>Cyathea phalerata</i> , na Floresta Nacional de Irati-PR.....	70
Tabela 13: Correlação de Spearman para temperatura (mínima, média e máxima), precipitação, fotoperíodo, báculos, frondes maduras, senescentes e férteis (imatuross, fechados e liberando) para <i>Cyathea phalerata</i> , na Floresta Nacional de Irati-PR. ....	71
Tabela 14: Valores mínimo, médio, máximo e desvio padrão para 10 indivíduos de <i>D. sellowiana</i> em amostragem fenológica, na Floresta Nacional de Irati –PR. ....	71
Tabela 15: Valores da correlação de Spearman para altura total (Ht), incremento em altura total, produção de frondes (Frondes), báculos, frondes maduras, senescentes e férteis para <i>Dicksonia sellowiana</i> , na Floresta Nacional de Irati-PR.....	75
Tabela 16: Valores da correlação de Spearman para temperatura (mínima, média e máxima), precipitação, fotoperíodo, báculos, frondes maduras, senescentes e férteis (imatuross, fechados e liberando) para <i>Dicksonia sellowiana</i> , na Floresta Nacional de Irati-PR. ....	76

Tabela 17: Dominância absoluta (DoA, em m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> ) e relativa (DoR), densidade absoluta (DA, em indivíduos/ha <sup>-1</sup> ) e relativa (DR), frequência absoluta (FA) e relativa (FR, em%) e índice de valor de importância (IVI) de cada espécie para a Floresta Nacional de Irati, na Área 1, com os valores ordenados de maneira decrescente conforme o IVI de cada espécie.	97
Tabela 18: Dominância absoluta (DoA, em m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> ) e relativa (DoR), densidade absoluta (DA, em indivíduos/ha <sup>-1</sup> ) e relativa (DR), frequência absoluta (FA) e relativa (FR, em%) e índice de valor de importância (IVI) de cada espécie para a Floresta Nacional de Irati, na Área 2, com os valores ordenados de maneira decrescente conforme o IVI de cada espécie.	99
Tabela 19: Índices ecológicos para as Áreas 1 e 2, na Floresta Nacional de Irati.	103
Tabela 20: Índices de agregação para as samambaias arborescentes estudadas na Floresta Nacional de Irati – PR.	105
Tabela 21: Índices de agregação para as espécies de samambaias arborescentes em trabalhos desenvolvidos no Brasil.	106
Tabela 22: Taxas absolutas do período (IP) e anual (IPA) para incremento em diâmetro (DAP em cm), área transversal (g em m <sup>2</sup> ) e alturas total (h em m) e comercial (hcom em m) para as quatro espécies de samambaias arborescentes estudadas na Floresta Nacional de Irati, no período de 2014 a 2017.	107
Tabela 23: Número inicial, valores absolutos e percentuais para as taxas de Ingressos e Mortalidade para as quatro espécies de samambaias arborescentes estudadas na Floresta Nacional de Irati, no período de 2014 a 2017.	108
Tabela 24: Classes de Qualidade do cáudice com base em questões paisagísticas.	124
Tabela 25: Modelos hipsométricos ajustados para <i>Dicksonia sellowiana</i> e <i>Alsophila setosa</i> .	125
Tabela 26: Modelos volumétricos ajustados para <i>Dicksonia sellowiana</i> e <i>Alsophila setosa</i> .	126
Tabela 27: Distribuição dos indivíduos (N) de <i>Alsophila setosa</i> , com respectiva porcentagem (%) para as oito classes de qualidade do cáudice (QC). Classes: 8 – Retilíneo. 7 – Inclinado. 6 – Inclinado com coroa redirecionada. 5 – Coroa secundária. 4 – Cáudice secundário > 0,5m. 3 – Tortuosidade > 45°. 2 – Tortuosidade até 45°. 1 – Coroa principal morta, na Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati, PR.	129
Tabela 28: Distribuição dos indivíduos (N) de <i>Alsophila setosa</i> , com respectiva porcentagem (%) para as oito classes de qualidade do cáudice (QC). Classes: 8 – Retilíneo. 7 – Inclinado. 6 – Inclinado com coroa redirecionada. 5 – Coroa secundária. 4 – Cáudice secundário > 0,5m. 3 – Tortuosidade > 45°. 2 – Tortuosidade até 45°. 1 – Coroa principal morta, na Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati, PR.	130
Tabela 29: Coeficientes Estimados (β), Coeficiente de Determinação (R <sup>2</sup> aj) e Erro Padrão (Syx) da Estimativa em Porcentagem (Syx%) dos modelos volumétricos ajustados para <i>Alsophila setosa</i> , na Floresta Nacional de Irati, PR.	131
Tabela 30: Número de indivíduos (N), volume e área basal para os espécimes de <i>Alsophila setosa</i> nas respectivas classes de altura amostradas na Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati, PR.	132
Tabela 31: Número de indivíduos (N), volume para os espécimes de <i>Alsophila setosa</i> nas respectivas classes de altura amostradas na Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati, PR.	133
Tabela 32: Distribuição dos indivíduos (N) de <i>Cyathea</i> spp, com respectiva porcentagem (%) para as oito classes de qualidade do cáudice (QC). Classes: 8 – Retilíneo. 7 – Inclinado. 6 – Inclinado com coroa redirecionada. 5 – Coroa secundária. 4 – Cáudice secundário > 0,5m. 3 – Tortuosidade > 45°. 2 – Tortuosidade até 45°. 1 – Coroa principal morta, na Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati, PR.	134
Tabela 33: Distribuição dos indivíduos (N) de <i>Cyathea</i> spp, com respectiva porcentagem (%) para as oito classes de qualidade do cáudice (QC). Classes: 8 – Retilíneo. 7 –	

Inclinado. 6 – Inclinado com coroa redirecionada. 5 – Coroa secundária. 4 – Cádúdice secundário > 0,5m. 3 –Tortuosidade > 45°. 2 –Tortuosidade até 45°. 1 – Coroa principal morta, na Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati, PR. ....	136
Tabela 34: Distribuição dos indivíduos (N) de <i>Dicksonia sellowiana</i> , com respectiva porcentagem (%) para as oito classes de qualidade do cáudice (QC). Classes: 8 – Retilíneo. 7 – Inclinado. 6 – Inclinado com coroa redirecionada. 5 – Coroa secundária. 4 – Cádúdice secundário > 0,5m. 3 –Tortuosidade > 45°. 2 –Tortuosidade até 45°. 1 – Coroa principal morta, na Área 1 (1,85 ha), Floresta Nacional de Irati, PR. ....	138
Tabela 35: Distribuição dos indivíduos (N) de <i>Dicksonia sellowiana</i> , com respectiva porcentagem (%) para as oito classes de qualidade do cáudice (QC). Classes: 8 – Retilíneo. 7 – Inclinado. 6 – Inclinado com coroa redirecionada. 5 – Coroa secundária. 4 – Cádúdice secundário > 0,5m. 3 –Tortuosidade > 45°. 2 –Tortuosidade até 45°. 1 – Coroa principal morta, na Área 2 (1,1 ha), Floresta Nacional de Irati, PR. ....	139
Tabela 36: Coeficientes estimados ( $\beta$ ), coeficiente de determinação ( $R^2_{aj}$ ) e erro padrão (Syx) de estimativa em porcentagem (Syx%) dos modelos hipsométricos ajustados para <i>Dicksonia sellowiana</i> , na Floresta Nacional de Irati, PR. ....	141
Tabela 37: Coeficientes estimados ( $\beta$ ), coeficiente de determinação ( $R^2_{aj}$ ) e erro padrão (Syx) da estimativa em porcentagem (Syx%) dos modelos hipsométricos (altura comercial) ajustados para <i>Dicksonia sellowiana</i> , na Floresta Nacional de Irati, PR. ....	141
Tabela 38: Coeficientes estimados ( $\beta$ ), coeficiente de determinação ( $R^2_{aj}$ ) e erro padrão (Syx) da estimativa em porcentagem (Syx%) dos modelos para volume total ajustados para <i>Dicksonia sellowiana</i> , na Floresta Nacional de Irati, PR. ....	142
Tabela 39: Número de indivíduos (N), volume e área basal para os espécimes de <i>Dicksonia sellowiana</i> nas respectivas classes de altura amostradas na Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati, PR. ....	143
Tabela 40: Número de indivíduos (N), volume área basal para os espécimes de <i>Dicksonia sellowiana</i> nas respectivas classes de altura amostradas na Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati, PR. ....	143
Tabela 41: Coeficientes estimados ( $\beta$ ), coeficiente de determinação ( $R^2_{aj}$ ) e erro padrão (Syx) da estimativa em porcentagem (Syx%) dos modelos para volume comercial ajustados para <i>Dicksonia sellowiana</i> , na Floresta Nacional de Irati, PR. ....	144
Tabela 42: Número de indivíduos (N), volume comercial e área basal para os espécimes de <i>Dicksonia sellowiana</i> nas respectivas classes de altura amostradas na Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati, PR. ....	145
Tabela 43: Número de indivíduos (N), volume comercial para os espécimes de <i>Dicksonia sellowiana</i> nas respectivas classes de altura amostradas na Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati, PR. ....	145
Tabela 44: Coeficientes Estimados ( $\beta$ ), Coeficiente de Determinação ( $R^2_{adj}$ ) e Erro Padrão da Estimativa em Porcentagem para as funções de afilamento ajustadas. ....	147
Tabela 45: Modelos testados para estimativa de biomassa de cáudices para as samambaias arborescentes, na Floresta Nacional de Irati. ....	157
Tabela 46: Percentuais (mínimo, médio, máximo e desvio padrão) de umidade para a componente fronde de 30 indivíduos amostrados de <i>Alsophila setosa</i> na Floresta Nacional de Irati, PR. ....	158
Tabela 47: Mínimo, médio, máximo e desvio padrão de biomassa e número observado (N) para a componente fronde de <i>Alsophila setosa</i> para a Área 1 (1,85 ha) na Floresta Nacional de Irati, PR. ....	159
Tabela 48: Classes de altura com seus respectivos números de indivíduos observados (N) e estimativas de biomassa (em toneladas) para as componentes pina, raque e fronde de <i>Alsophila setosa</i> para a Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati. ....	159

Tabela 49: Mínimo, médio, máximo e desvio padrão para diâmetro de base ( $d_{base}$ ), diâmetro à altura do peito (DAP), altura total (H), volume (V), biomassa para o cáudice de 30 indivíduos de <i>Alsophila setosa</i> , na Floresta Nacional de Irati.....	160
Tabela 50: Coeficientes estimados ( $\beta$ ), Coeficiente de Determinação ( $R^2_{aj}$ ) e Erro Padrão da Estimativa ( $S_{yx}$ ) e em Porcentagem ( $S_{yx}\%$ ) dos modelos para biomassa do cáudice ajustados para <i>Alsophila setosa</i> , na Floresta Nacional de Irati.....	160
Tabela 51: Classes de altura com seus respectivos números de indivíduos observados (N) e estimativas de biomassa (em toneladas) de cáudice para <i>Alsophila setosa</i> , na Área 1 (1,85 ha) na Floresta Nacional de Irati.....	161
Tabela 52: Mínimo, médio, máximo e desvio padrão de biomassa (em kg) e número observado (N) de frondes de <i>Alsophila setosa</i> para a Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati, PR.....	162
Tabela 53: Classes de altura com seus respectivos números de indivíduos observados (N) e estimativas de biomassa (em tonelada) de <i>Alsophila setosa</i> para as componentes pina, raque e fronde para a Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati.....	163
Tabela 54: Classes de altura com seus respectivos números de indivíduos observados (N) e estimativas de biomassa (em tonelada) de cáudice para <i>Alsophila setosa</i> para a Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati.....	164
Tabela 55: Percentuais (mínimo, médio, máximo e desvio padrão) de umidade para frondes de 30 indivíduos amostrados de <i>Cyathea</i> spp na Floresta Nacional de Irati, PR. ....	165
Tabela 56: Mínimo, médio, máximo e desvio padrão de biomassa (em kg) e número observado (N) de frondes de 30 indivíduos amostrados de <i>Cyathea</i> spp na Floresta Nacional de Irati, PR. ....	166
Tabela 57: Classes de altura com seus respectivos números de indivíduos observados (N) e estimativas de biomassa de <i>Cyathea</i> spp para as componentes pina, raque e fronde para a Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati. ....	166
Tabela 58: Mínimo, médio, máximo e desvio padrão para diâmetro de base ( $d_{base}$ ), diâmetro à altura do peito (DAP), altura (H), volume (V), biomassa para o cáudice de 30 indivíduos amostrados de <i>Cyathea</i> spp na Floresta Nacional de Irati.....	167
Tabela 59: Coeficientes estimados ( $\beta$ ), Coeficiente de Determinação ( $R^2_{aj}$ ) e Erro Padrão da Estimativa ( $S_{yx}$ ) e em Porcentagem ( $S_{yx}\%$ ) dos modelos para biomassa do cáudice ajustados para <i>Cyathea</i> spp na Floresta Nacional de Irati. ....	168
Tabela 60: Classes de altura com seus respectivos números de indivíduos observados (N) e estimativas de biomassa de cáudice para <i>Cyathea</i> spp para a Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati. ....	169
Tabela 61: Valores mínimo, médio, máximo e desvio padrão de biomassa e número observado (N) de frondes de <i>Cyathea</i> spp para a Área 2 (1,1 ha) na Floresta Nacional de Irati, PR.....	170
Tabela 62: Classes de altura com seus respectivos números de indivíduos observados (N) e estimativas de biomassa (em tonelada) de <i>Cyathea</i> spp para as componentes pina, raque e fronde para a Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati. ....	170
Tabela 63: Classes de altura com seus respectivos números de indivíduos observados (N) e estimativas de biomassa de cáudice para <i>Cyathea</i> spp para a Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati. ....	171
Tabela 64: Percentuais (mínimo, médio, máximo e desvio padrão) de umidade para frondes de 30 indivíduos mostrados de <i>Dicksonia sellowiana</i> na Floresta Nacional de Irati, PR. ....	173
Tabela 65: Mínimo, médio, máximo e desvio padrão de biomassa (kg) e número observado (N) de frondes de <i>Dicksonia sellowiana</i> para a Área 1 (1,85 ha) na Floresta Nacional de Irati, PR. ....	173

Tabela 66: Classes de altura com seus respectivos números de indivíduos observados (N) e estimativas de biomassa (em tonelada) de <i>Dicksonia sellowiana</i> para as componentes pina, raque e fronde para a Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati.....	174
Tabela 67: Mínimo, médio, máximo e desvio padrão para diâmetro de base ( $d_{base}$ ), diâmetro à altura do peito (DAP), altura (H), volume (V), biomassa para o cáudice de <i>Dicksonia sellowiana</i> , na Floresta Nacional de Irati. ....	175
Tabela 68: Coeficientes estimados ( $\beta$ ), Coeficiente de Determinação ( $R^2_{aj}$ ) e Erro Padrão da Estimativa (Syx) e em Porcentagem (Syx%) dos modelos para biomassa do cáudice ajustados para <i>Dicksonia sellowiana</i> , na Floresta Nacional de Irati. ....	175
Tabela 69: Classes de altura com seus respectivos números de indivíduos observados (N) e estimativas de biomassa (em tonelada) de cáudice para <i>Dicksonia sellowiana</i> para a Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati. ....	176
Tabela 70: Mínimo, médio, máximo e desvio padrão de biomassa (kg) e número observado (N) de frondes de <i>Dicksonia sellowiana</i> para a Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati, PR. ....	177
Tabela 71: Classes de altura com seus respectivos números de indivíduos observados (N) e estimativas de biomassa (em tonelada) de <i>Dicksonia sellowiana</i> para as componentes pina, raque e fronde para a Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati.....	178
Tabela 72: Classes de altura com seus respectivos números de indivíduos observados (N) e estimativas de biomassa de cáudice para <i>Dicksonia sellowiana</i> para a Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati. ....	179

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO I – ASPECTOS GERAIS DA PESQUISA</b> .....	22
<b>1.1 INTRODUÇÃO</b> .....	22
1.2.1 Floresta Ombrófila Mista .....	24
1.2.2 Samambaias de porte arborecente .....	26
<b>1.3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	33
1.3.1 Área de Estudo .....	33
<b>1.4 PROCEDÊNCIA DOS DADOS</b> .....	36
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	38
<b>CAPÍTULO II – ATRIBUTOS DO SOLO E A OCORRÊNCIA DE SAMAMBAIA ARBORESCENTE E SUA FENOLOGIA EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA</b> ....	43
<b>RESUMO</b> .....	43
<b>ABSTRACT</b> .....	44
<b>2.1 INTRODUÇÃO</b> .....	45
<b>2.2 OBJETIVOS</b> .....	47
2.2.1 Objetivo Geral .....	47
2.2.2 Objetivos específicos.....	47
<b>2.3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	47
2.3.1 Área de estudo .....	47
2.3.2 Determinação e análise das variáveis da interação das samambaias arborecentes com o solo.....	47
2.3.3 Determinação e análise das variáveis fenológicas das samambaias arborecentes .....	48
<b>2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	50
2.4.1 Relação entre os atributos do solo e as samambaias arborecentes.....	50
2.4.2 Fenologia .....	54
2.4.2.1 <i>Alsophila setosa</i> Kaulf.....	56
2.4.2.2 <i>Cyathea corcovadensis</i> (Raddi) Domin.....	60
2.4.2.3 <i>Cyathea phalerata</i> Mart.....	66
2.4.2.4 <i>Dicksonia sellowiana</i> (Pres.) Hook. ....	71
<b>2.5 CONCLUSÃO</b> .....	76
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	77
<b>CAPÍTULO III – FITOSSOCIOLOGIA, ÍNDICES ECOLÓGICOS, DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E DINÂMICA (2014-2017) DE SAMAMBAIAS ARBORESCENTES EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA</b> .....	80
<b>RESUMO</b> .....	80
<b>ABSTRACT</b> .....	81
<b>3.1 INTRODUÇÃO</b> .....	82
<b>3.2 OBJETIVOS</b> .....	83
3.2.1 Objetivo geral .....	83
3.2.2 Objetivos específicos.....	83
<b>3.3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	84
3.3.1 Área de estudo .....	84
3.3.2 Suficiência amostral .....	84
3.3.3 Fitosociologia.....	85
3.3.4 Epifitismo .....	87
3.3.5 Índices ecológicos.....	87
3.3.6 Distribuição espacial.....	89
3.3.7 Incremento, ingresso e mortalidade.....	90
<b>3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	93

3.4.1 Estatísticas descritivas .....	93
3.4.2 Suficiência amostral .....	94
3.4.3 Fitossociologia.....	96
3.4.4 Epifitismo .....	101
3.4.5 Índices ecológicos.....	103
3.4.6 Distribuição espacial.....	104
3.4.7 Incremento, Ingresso e Mortalidade .....	107
<b>3.5 CONCLUSÃO</b> .....	112
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	113
<b>CAPÍTULO IV – HIPSOMETRIA, VOLUMETRIA E FUNÇÕES DE AFILAMENTO PARA SAMAMBAIAS DE PORTE ARBORESCENTES</b> .....	119
<b>RESUMO</b> .....	119
<b>ABSTRACT</b> .....	120
<b>4.1 INTRODUÇÃO</b> .....	121
<b>4.2 OBJETIVOS</b> .....	122
4.2.1 Objetivo geral .....	122
4.2.2 Objetivos específicos.....	122
<b>4.3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	123
4.3.1 Área de estudo .....	123
4.3.2 Determinação e análise das variáveis biométricas .....	123
4.3.3 Cubagem rigorosa.....	124
4.3.3.1 Modelos hipsométricos.....	125
4.3.3.2 Modelos volumétricos .....	125
4.3.3.3 Funções de afilamento.....	126
4.3.3.4 Seleção dos modelos.....	126
4.3.3.5 Fator de forma .....	127
<b>4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	127
4.4.1 <i>Alsophila setosa</i> .....	127
4.4.2 <i>Cyathea</i> spp .....	133
4.4.3 <i>Dicksonia sellowiana</i> .....	137
<b>4.5 CONCLUSÃO</b> .....	148
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	148
<b>CAPÍTULO V – QUANTIFICAÇÃO E MODELAGEM DE BIOMASSA DE SAMAMBAIAS ARBORESCENTES NA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA</b> .....	151
<b>RESUMO</b> .....	151
<b>ABSTRACT</b> .....	152
<b>5.1 INTRODUÇÃO</b> .....	153
<b>5.2 OBJETIVOS</b> .....	154
5.2.1 Objetivo geral .....	154
5.2.2 Objetivos específicos.....	154
<b>5.3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	154
5.3.1 Modelos para estimativa de Biomassa .....	156
5.3.2 Seleção dos modelos.....	157
<b>5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	157
5.4.1 Biomassa de <i>Alsophila setosa</i> .....	157
5.4.2 Biomassa de <i>Cyathea</i> spp.....	165
5.4.3 Biomassa de <i>Dicksonia sellowiana</i> .....	172
<b>5.5 CONCLUSÃO</b> .....	180
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	181
<b>APÊNDICES</b> .....	182

**Apêndice A:** Dominância absoluta (DoA, em  $m^2 \cdot ha^{-1}$ ) e relativa (DoR), densidade absoluta (DA, em indivíduos/ $ha^{-1}$ ) e relativa (DR), frequência absoluta (FA) e relativa (FR, em %) e índice de valor de importância (IVI) de cada espécie para a Floresta Nacional de Irati, na Área 1, com os valores ordenados de maneira decrescente conforme o IVI de cada espécie..... 183

**Apêndice B:** Dominância absoluta (DoA, em  $m^2 \cdot ha^{-1}$ ) e relativa (DoR), densidade absoluta (DA, em indivíduos/ $ha^{-1}$ ) e relativa (DR), frequência absoluta (FA) e relativa (FR, em %) e índice de valor de importância (IVI) de cada espécie para a Floresta Nacional de Irati, na Área 2, com os valores ordenados de maneira decrescente conforme o IVI de cada espécie..... 186



## CAPÍTULO I – ASPECTOS GERAIS DA PESQUISA

### 1.1 INTRODUÇÃO

Os ecossistemas florestais estão entre os mais complexos, especialmente as florestas nativas, e de modo especial as florestas neotropicais com altíssima diversidade biológica. Qualquer sistema florestal apresenta componentes físicos (climáticos, edáficos, topográficos, etc.) e componentes biológicos (animais e plantas). A integração ou dependência mútua desses componentes dificulta a compreensão do funcionamento do sistema como um todo, ou seja, quais são os fatores que governam o desenvolvimento da floresta. Então, a planificação da produção florestal não é uma tarefa fácil; embora o cérebro humano tenha capacidade para decifrar muito sobre o funcionamento das interações do sistema florestal, existe dificuldade em integrar as informações e usá-las para o manejo racional da floresta natural (SCOLFORO et al., 1996).

Mesmo a pesquisa brasileira tendo ciência do potencial de nossa flora e também diante da importância de se conhecer os aspectos ecológicos e ambientais que acabam por refletir nos aspectos econômicos, existem dificuldades em realizar tais estudos. Essas barreiras que existem dentro da comunidade vegetal, de acordo com Durigan (2012) são maiores quando se busca compreender a estrutura das espécies não arbóreas, do que quando se trabalha com espécies arbóreas. Entre estas dificuldades estão os poucos estudos na área, falta de padronização de métodos (amostragem e análise), taxonomistas, literatura, coleções de referência. Sendo todos aspectos importantes que auxiliam em tomadas de decisão voltadas a ações e políticas de conservação e manejo.

Nos estudos fenológicos realizados nos trópicos, raramente as pteridófitas são consideradas, pois a maioria destes estudos acaba por focar espécies arbóreas das comunidades florestais. Embora as pteridófitas encontrem condições favoráveis para apresentarem alta diversidade no sub-bosque de florestas úmidas, pois o crescimento e a fertilidade dessas plantas podem estar correlacionados com mudanças sazonais e precipitação (SCHMITT; SCHNEIDER; WINDISCH, 2009).

Sobre a importância ecológica, na região sul do Brasil não é raro as samambaias arbóreas serem listadas em trabalhos fitossociológicos, expressando ampla importância nas populações naturais, pois podem adicionar ao solo uma quantidade expressiva de matéria orgânica, além de abrigar muitas espécies de epífitas (GASPER et al., 2011), com suas

frondes servindo de alimentos para insetos, ou ainda colonizar clareiras e locais perturbados, tanto por catástrofes naturais, como em resposta a ações antrópicas (LARGE, BRAGGINS, 2004).

As samambaias (de forma geral) existem desde o Período Siluriano e proporcionam múltiplos benefícios ao homem. A partir delas é possível realizar a extração de compostos como nicotina, açúcares, óleos essenciais e proteínas que são utilizados na indústria de cosméticos, alimentos e medicamentos (BITTENCOURT; DALLA CORTE; SANQUETTA, 2004). As samambaias também embelezam pátios, ao longo de paredes protegidas e podem ser utilizadas como cercas vivas com resultados incomuns (LARGE; BRAGGINS, 2004) além de serem utilizadas como indicadoras de solos com alto teor de alumínio trocável (PRIMAVESI, 2002). Focando nas utilidades das samambaias arborescentes, podem-se citar as reservas de carvão fonte de energia, como herança do Período Carbonífero (RAVEN; EICHHORN; EVERT, 2006), importância para a decoração e artesanato (SCHMITT, 2005), além do potencial medicinal (MALUCELLI et al., 2018; HORT et al., 2008).

Das espécies não arbóreas que compõem a Floresta Ombrófila Mista nos remanescentes presentes na região sul do Brasil, tem-se as samambaias de porte arborescente que, segundo Teixeira e Linsker (2010) desenvolvem-se sob a copa dos pinheiros, dividindo espaço com numerosas espécies arbóreas.

Dentre as 13 espécies de pteridófitas arborescentes existentes no Paraná, tem-se *Alsophila setosa* Kaulf, *Cyathea corcovadensis* (Raddi) Domin, *Cyathea phalerata* Mart e *Dicksonia sellowiana* (Pres.) Hook (KAEHLER et al., 2014). As espécies *A. setosa*, *C. phalerata* e *C. corcovadensis* pertencem à família Cyatheaceae e são vulgarmente chamadas de xaxim-espinho, não havendo distinções dos nomes populares entre as espécies.

O cáudice de *A. setosa* pode atingir até 10 m de altura, e possui espinhos ascendentes e nigrescentes, aflébias e dados fenológicos quase inexistentes (SCHMITT, 2005). Possui importância florística diante do fato que seu cáudice é micro-habitat de diversas epífitas (SCHMITT; WINDISCH, 2005), mas as informações sobre sua ecologia são infrequentes, demonstrando a necessidade de estudos que auxiliem na elaboração de estratégias de manejo e conservação.

*C. corcovadensis* apresenta um cáudice com altura máxima de 6 m, que por muitas vezes também é um importante abrigo para epífitas (SCHMITT, 2005). De acordo com Neumann (2010), o conhecimento que se tem sobre esta espécie basicamente se resume em

taxonomia e florística, ressaltando que muito pouco se sabe sobre sua estrutura populacional, crescimento e fenologia.

Os indivíduos de *C. phalerata* costumam possuir cáudice ereto, além de frondes escâmulas infladas em suas raques e pínulas com margem crenada ou ondulada, sendo preferencialmente encontrados em locais sombreados, como o interior da floresta (SAKAGAMI, 2006). Tem-se conhecimento sobre suas propriedades medicinais (HORT et al., 2008), sobre a sua taxonomia (SCHWARTSBURD; LABIAK, 2007) e sobre a sua florística (REGINATO; GOLDENBERG, 2007), mas se tem pouco ou até mesmo nenhum conhecimento sobre sua estrutura populacional, crescimento e fenologia.

*D. sellowiana*, pertence à família Dicksoniaceae, pode chegar a medir até 10 metros de altura e ter frondes de até 4 metros de comprimento que quando envelhecem, costumam cobrir o cáudice como estratégia de conservação de umidade (AFONSO-MORENO et al., 2011). Os indivíduos pertencentes a esta espécie são distinguidos das outras samambaias arborescentes porque apresentam a porção vertical do caule com muitas raízes adventícias (GASPER et al., 2011).

Visando facilitar o entendimento e explanação dos resultados, este trabalho foi dividido em capítulos. No Capítulo 1 estão descritos os aspectos gerais da pesquisa; no Capítulo 2 são descritas as relações das samambaias arborescentes com os atributos do solo e também com as espécies arbóreas, além da fenologia das samambaias arborescentes; no Capítulo 3 são descritos dados sobre a fitossociologia, índices ecológicos, distribuição espacial e dinâmica do período de 2014 a 2017; no Capítulo 4 são descritas as modelagens hipsométricas, volumétricas e funções de afilamento para as samambaias arborescentes; e no Capítulo 5 é descrita a quantificação e modelagem da biomassa para as samambaias arborescentes.

## **1.2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **1.2.1 Floresta Ombrófila Mista**

No Brasil, as Florestas Ombrófilas pertencem a climas de altas temperaturas e de precipitação que, além de elevada, é bem distribuída ao longo do ano, fazendo com que, praticamente, não exista período seco (IVANAUSKAS; ASSIS, 2012). Ainda, segundo os mesmos autores, possui as seguintes subdivisões Densa, Aberta e Mista, sendo esta última

assim chamada, devido a mistura de espécies arbóreas de gimnospermas (*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze e *Podocarpus lambertii* Klotzsch ex Endl) e de angiospermas de gêneros relativamente mais basais (*Drymis*, *Ocotea*, *Cryptocarya* e *Nectandra*).

A Floresta Ombrófila Mista, que também é conhecida por Mata de Araucária ou Mata de Pinhal, se distribui no Brasil e na Argentina, sendo que, em território brasileiro encontra-se no Planalto Meridional, principalmente nos estados de Santa Catarina e Paraná (Figura 1) (TEIXEIRA; LINSKER, 2010). Ainda de acordo com Teixeira e Linsker (2010), devido à forte interferência antrópica ocorrida nessa região, atualmente essa vegetação encontra-se em diferentes estágios sucessionais. Cabe ressaltar que, mesmo antes dos colonizadores chegarem aqui, já havia sido iniciada a redução de sua área, devido as alterações climáticas que ocorreram durante a Época do Holoceno.

De acordo com o Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012), existem quatro formações da Floresta Ombrófila Mista, sendo elas: a Aluvial que ocorre em terraços antigos associados à rede hidrográfica; a Submontana que é formada por disjunções em altitudes inferiores a 400 m; a Montana que estabelece-se entre 400 e 1000 m de altitude; e a Alto-Montana que se desenvolve em altitudes superiores a 1000 m.

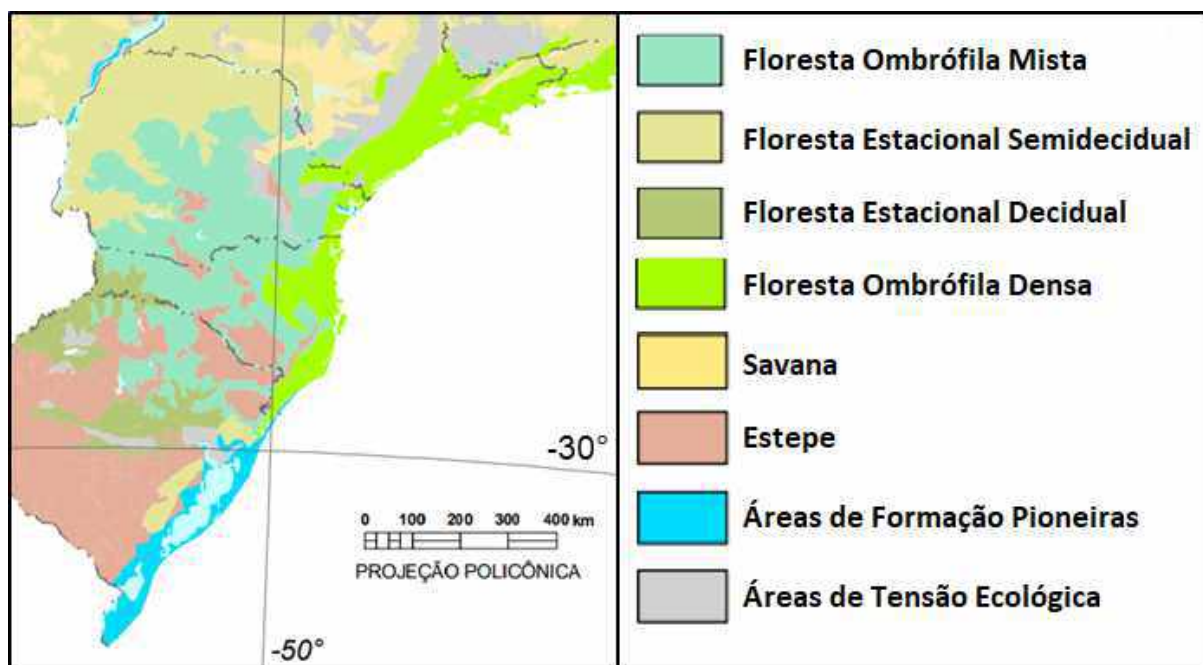


Figura 1: Ocorrência Natural da Floresta Ombrófila Mista.  
Fonte: Adaptado de BRASIL (1994).

Devido ao avanço tecnológico e a redução da extração de material lenhoso, a floresta provou o potencial de sua resiliência, pois as áreas mais representativas estão se regenerando

a cerca de 60-70 anos e, devido as condições de solo e clima, foi alcançado um estágio de equilíbrio secundário (TEIXEIRA; LINSKER, 2010).

A Floresta Ombrófila Mista não apenas apresenta estrutura bem definida, como também é bem estratificada, de forma que seu estrato emergente é formado pelas copas de Araucária e o dossel possui, aproximadamente, 20 metros de altura, sendo formado principalmente por Myrtaceae, Lauraceae e *Podocarpus lambertii*, além da presença bastante evidente de epífitas (orquídeas, bromélias, líquens e musgos) (IVANAUSKAS; ASSIS, 2012).

Teixeira e Linsker (2010) relataram que no estrato inferior, além de haver inúmeras espécies arbóreas, que variam de acordo com cada região, também há a presença de samambaias de porte arborescente que, popularmente, são chamadas de xaxins ou samambaiçu. Samambaias arborescentes são, de certa forma, rotineiramente citadas em trabalhos fitossociológicos, porém, de acordo com Gasper et al. (2011), estudos brasileiros que visam conhecer sua ecologia são pouco expressivos, sendo que as informações existentes são majoritariamente sobre florística e taxonomia.

### 1.2.2 Samambaias de porte arborescente

O termo "Samambaia arborescente" foi aplicado a qualquer samambaia com um grande cáudice ereto (podendo chegar a vários metros) que tenha as frondes (folhas) em seu ápice. Reproduzem pela produção de esporos, desenvolvidos em esporângios na parte inferior das frondes, sendo que as frondes exibem venação circinada, ou seja, quando jovens são enroladas em si mesmas e, conforme crescem, se desenrolam (LARGE; BRAGGINS, 2004).

As samambaias arborescentes se assemelham (ao longe) com palmeiras, mas representam um grupo com samambaias ancestrais, em que alguns membros remontam ao Período Jurássico. Em ambiente natural, as samambaias arborescentes ocorrem em ambientes subtropicais a tropicais submontanos e também em florestas temperadas do Hemisfério Sul, onde costumam caracterizar a vegetação local. Estas plantas podem ser cultivadas em regiões mais quentes do mundo, porém, muitas espécies crescem bem em climas mais frios (LARGE; BRAGGINS, 2004).

Em muitos países, além do Brasil, devido a sua aparência impressionante tiveram bastante procura, fazendo com que estejam presentes em jardins públicos e privados. Entretanto, o aumento do desmatamento (no Hemisfério Norte) e a exploração de cáudices

das samambaias arborescentes reduziram algumas populações, resultando que, muitas espécies, foram ameaçadas de extinção. Essa situação gerou um surto de interesse em sua conservação e biologia (LARGE; BRAGGINS, 2004). Ainda, segundo os mesmos autores, ao mesmo tempo, houve plantação florestal no Hemisfério Sul, o que resultou em um grande número de samambaias arborescentes sendo transportadas para o Hemisfério Norte. Vale ressaltar que esta, não é a realidade no Brasil, pois não se tem conhecimento de plantações de samambaias arborescentes no país.

Samambaias arborescentes possuem uma única zona de crescimento dominante no ápice de seus cáudices. É nesta zona que são produzidas novas frondes e, em algumas espécies, novas raízes também. Pode ocorrer também, a produção de novas raízes próximo as bases das frondes, possibilitando a combinação dessas raízes com as raízes da região apical, crescendo ao longo da superfície do cáudice em direção ao solo. Comumente pode haver o acúmulo dessas raízes, fazendo com que as cicatrizes de frondes senescentes sejam enterradas, dando ao cáudice uma aparência fibrosa. Todo esse sistema radicular tem a capacidade de formar uma massa densa, que se estende para a base da planta e, que acaba tendo por função sustentar a planta, não permitindo ou ao menos dificultando o seu tombamento (LARGE; BRAGGINS, 2004). Ainda segundo os autores, algumas samambaias arborescentes podem se ramificar desenvolvendo coroas (ápices) secundárias ao longo de seu cáudice principal, sendo que nas espécies em que não ocorre essa ramificação, caso seja provocado algum tipo de dano ao meristema principal ou apical, há grandes chances de causar a morte da planta.

Sobre a utilidade dos cáudices de samambaias arborescentes, sabe-se que podem ser utilizados na construção de cercas e casas de sombra. Mesmo o cáudice não possuindo madeira, em muitas espécies a estrutura interna e a massa radicular associada, fornece um material de construção forte e, surpreendentemente, durável. Tem-se como exemplo, o fato de que os havaianos usaram troncos de samambaias do gênero *Cibotium* para pavimentar trilhas através de um terreno pantanoso e também o fato que, dentro de sua tradição, os maoris da Nova Zelândia eram capazes de utilizar as densas bases fibrosas de cáudices de samambaias arborescentes na construção de casas para armazenar alimentos, já que as paredes eram muito espessas para os ratos invadirem. Atualmente, as cercas de samambaias arborescentes são comuns na Nova Zelândia além de também ser comum o fato de que, senão houver danos, ocorre o brotamento do ápice, ou nas laterais. Cabe ressaltar que na Nova Zelândia e na Austrália, grande parte do material de samambaia arborescente utilizada em construções é

adquirido como subproduto de florestas plantadas para um melhor aproveitamento de recursos naturais, pois as samambaias arborescentes, muito provavelmente, seriam destruídas durante as operações de corte (LARGE; BRAGGINS, 2004).

Atualmente, as espécies de samambaias arborescentes são comumente agrupadas em duas famílias, Cyatheaceae e Dicksoniaceae, perfazendo mais de 630 espécies conhecidas, divididas em dez gêneros no mundo (LARGE; BRAGGINS, 2004). No Brasil, existem espécies das duas famílias, sendo que na região sul as samambaias arborescentes são comumente listadas em trabalhos fitossociológicos, com grande importância nas populações naturais estudadas devido a uma quantidade expressiva de matéria orgânica que podem adicionar ao solo, além de abrigar muitas espécies de epífitas (GASPER et al., 2011).

No estado do Paraná, tem-se registradas 13 espécies de samambaias arborescentes (KAEHLER et al., 2014), das quais no presente estudo, foram abordadas quatro espécies, distribuídas nas duas famílias supracitadas da seguinte forma: *Dicksonia sellowiana* (Pres.) Hook., representando Dicksoniaceae, e *Alsophila setosa* Kaulf, *Cyathea corcovadensis* (Raddi) Domin, *Cyathea phalerata* Mart, representando Cyatheaceae (Figura 2).

As famílias Dicksoniaceae e Cyatheaceae têm um longo registro fóssil. Os primeiros membros de Dicksoniaceae apareceram no Período Triássico. A distribuição moderna de Dicksoniaceae é majoritariamente tropical para o hemisfério sul, porém, quando se olha para a distribuição global, sabe-se que essa família é Pantropical, com alto grau de diversidade na Indonésia e Nova Guiné, valendo ressaltar que algumas espécies possuem distribuição relictual, a exemplo de espécies de *Dicksonia* (LARGE; BRAGGINS, 2004).

A família Dicksoniaceae possui entre 30 e 32 espécies (NOBEN et al., 2017) e é uma família de samambaias arborescentes, predominantemente terrestres, mas também existem algumas epífitas (LARGE; BRAGGINS, 2004). Há gêneros desta família que se caracterizam por serem rasteiros e possuírem cáudices muito pequenos, no entanto, algumas das espécies podem atingir vários metros de altura (OLIVEIRA et al., 2013).

Todos os indivíduos pertencentes à Dicksoniaceae possuem pêlos compridos e afilados; frondes que podem ter de 1 a 3 metros de comprimento e com esporos que são triangulares levemente arredondados (LARGE; BRAGGINS, 2004).

A família Dicksoniaceae, em nível global, tem apenas três gêneros sobreviventes de um total de nove gêneros (OLIVEIRA et al., 2013). O gênero moderno *Dicksonia* apareceu no Período Jurássico, quando os membros da família eram particularmente diversos (LARGE; BRAGGINS, 2004).

O maior gênero é *Dicksonia* com cerca de 20 a 25 espécies, mas devido à diversidade dentro deste gênero, o número exato de espécies é desconhecido. O nome do gênero *Dicksonia*, foi uma homenagem de L'Héritier ao botânico James Dickson (1738–1822), já o nome do epíteto específico, *sellowiana*, é em homenagem a Friedrich Sello (ou Sellow) (1789-1831) por ter coletado plantas durante a expedição de 1815-1817 em terras brasileiras (LARGE; BRAGGINS, 2004).

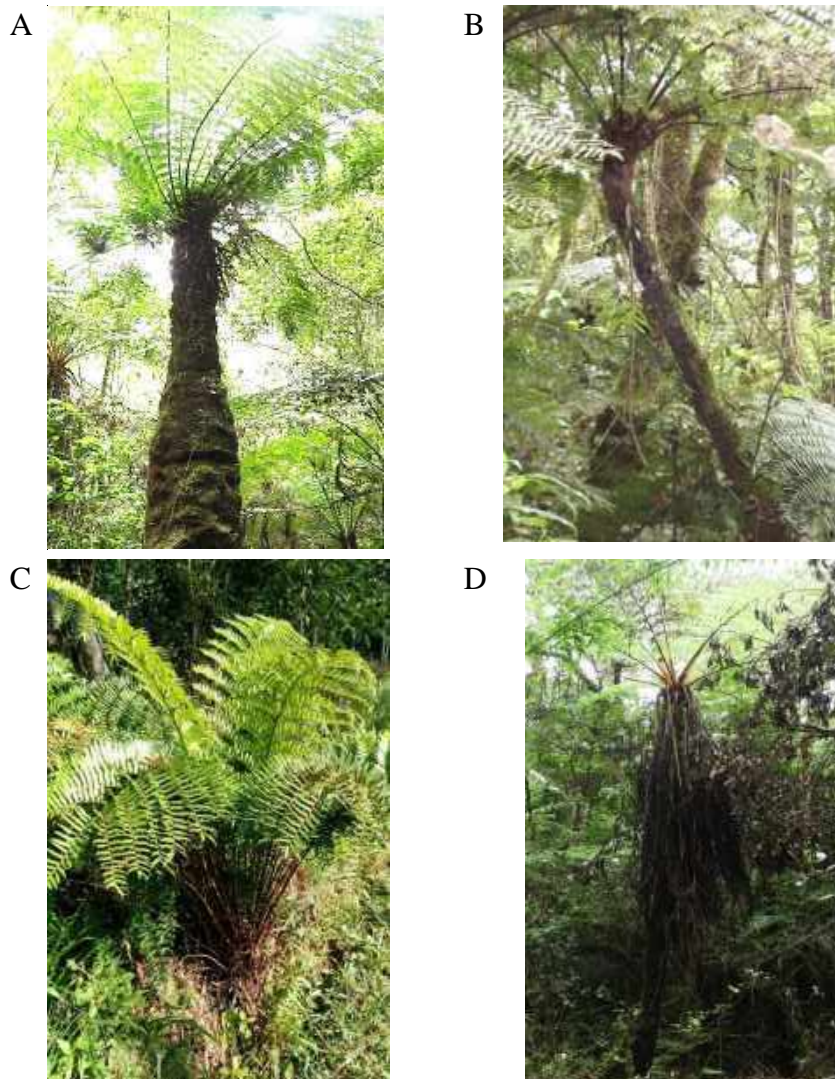


Figura 2: Samambaias arborescentes das espécies *Dicksonia sellowiana* (Pres.) Hook. (A); *Alsophila setosa* Kaulf (B); *Cyathea corcovadensis* (Raddi) Domin (C), *Cyathea phalerata* Mart (D).

*Dicksonia sellowiana* Hooker 1844 possui cáudice ereto que pode chegar a cerca de 10 metros de altura e ter, aproximadamente, 15 cm de diâmetro, podendo ser coberto na base por raízes adventícias, podendo ou não ser recoberto por uma capa de frondes mortas como



estratégia de conservação de umidade. As frondes são tripinadas e podem chegar a 4 metros. Os pecíolos são acastanhados e cobertos de pêlos. O estipe pode ser curto ou longo, geralmente persistente no cáudice, marrom e densamente revestido por pêlos na base. Os soros são globosos e marginais (LARGE; BRAGGINS, 2004; ALFONSO-MORENO et al., 2011).

*D. sellowiana* se distribui desde o sul do México à Costa Rica e Panamá na América Central e, da Venezuela à Colômbia, Bolívia, Paraguai, Uruguai e sudeste da América do Sul. Seu habitat de costume é a floresta úmida, entre as altitudes de 60 a 3800 metros (LARGE; BRAGGINS, 2004; AFONSO-MORENO et al., 2011).

*D. sellowiana* possui vários nomes populares, dentre eles xaxim, xaxim-bugio, xaxim-verdadeiro e xaxim-sem-espinho. Consta na lista da flora ameaçada de extinção, devido à exploração de seu cáudice revestido por raízes adventícias para a fabricação de vasos para plantas (MONTAGNA et al., 2012). Também é reconhecida como de grande importância ecológica pela grande quantidade de matéria orgânica que pode adicionar ao solo, além de abrigar muitas espécies de epífitas (GASPER et al., 2011). Dados sobre o crescimento do cáudice e a fenologia das frondes são escassos (SCHMITT; SCHNEIDER; WINDISCH, 2009).

Embora protegida por lei, ainda é necessário aprimorar os dados de sua biologia, tanto que a literatura científica carece de informações sobre a estrutura populacional dessa espécie nas formações florestais, assim como existem poucos dados sobre aspectos relacionados à sua biologia, autoecologia, sinecologia e características do solo em habitats naturais (MANTOVANI, 2004).

Além do potencial ornamental, *D. sellowiana* também possui outros potenciais, como o medicinal, pois segundo Malucelli et al. (2018) a população indígena usa algumas partes desta espécie para tratar sarna, coceira, doenças parasitárias e asma, mas o seu uso na medicina ainda é bastante recente. Esses fatos só veem a acrescentar ainda mais importância sobre a necessidade de se estudar esta espécie com a maior riqueza de detalhes possível.

Sobre a distribuição espacial de *D. sellowiana*, pode-se citar os trabalhos de Marques e Krupek (2014), Blume, Rechenmacher e Schmitt (2010), Klauberg et al. (2010), sendo que em todos os trabalhos foi encontrado padrão agregado.

Dos estudos sobre dinâmica desta espécie, tem-se o trabalho de Weber et al. (2015) em remanescente de Floresta Ombrófila Mista, na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul. Esses autores relatam que não houve diferença perceptível quanto

ao número de espécimes que ingressaram e morreram, sendo que as respectivas taxas se mostraram dentro dos limites esperados para florestas maduras.

As Cyatheaceae são, aparentemente, uma família mais jovem do que as Dicksoniaceae, com fósseis aparecendo pela primeira vez nos sedimentos do final do Jurássico e início do Cretáceo. Os membros desta família são as samambaias arborescentes mais difundidas, a ponto de que, muitas espécies, demonstram um alto grau de endemismo (LARGE; BRAGGINS, 2004).

As Cyatheaceae são majoritariamente terrestres e não epífitas. Algumas espécies podem ter um rizoma rastejante. A família inclui as espécies com os cáudices mais altos, com alturas superiores a 20 metros. Todos os indivíduos desta família possuem ao invés de pêlos, escamas (LARGE; BRAGGINS, 2004).

Cyatheaceae é uma família de samambaias arborescentes, contendo pelo menos cinco gêneros e mais de 600 espécies, em que o gênero *Alsophila* possui mais de 200 espécies e o gênero *Cyathea* mais de 100 (JUDD et al., 2009). Como o número exato de espécies é desconhecido, tem como reflexo a falta geral de conhecimento taxonômico em algumas áreas geográficas (LARGE; BRAGGINS, 2004). Cyatheaceae também são chamadas de samambaias escamosas (KORALL; PRYER, 2014).

A respeito do gênero *Alsophila*, sabe-se que o termo ‘*Alsophila*’, vem do grego, ‘*asos*’, que significa bosque e ‘*philos*’ que significa amoroso, podendo ser interpretado como "amor de bosque" ou "amor de sombra". Inclui samambaias arborescentes que geralmente possui um cáudice único, muito alto, raramente se ramificando. As frondes podem ser de até 5 metros. Espécies de *Alsophila* são pantropicais, sendo encontradas em florestas úmidas ou nebulosas, em declives ou em ravinas e são de baixa cobertura, em meio ao sub-bosque ou mesmo como plantas de cobertura do solo. Várias espécies, às vezes, colonizam agressivamente terras abertas ou perturbadas, formando matas densas (LARGE; BRAGGINS, 2004).

Híbridos entre espécies de *Alsophila* são comuns e vários resultaram na produção de espécies reprodutivas e viáveis. Os híbridos são mais comuns em áreas perturbadas, naturais ou resultantes da atividade humana, e neste caso vale lembrar que *Alsophila setosa* pode ser de origem híbrida (LARGE; BRAGGINS, 2004).

*A. setosa* se distribui pelo sudeste brasileiro e pela Argentina (LARGE; BRAGGINS, 2004). Dos trabalhos existentes tem-se o estudo de Schmitt e Windisch (2005) que relatam sobre aspectos ecológicos, incluindo sua distribuição espacial agregada. Schmitt (2005) expôs

que *A. setosa* é utilizada como parte da ornamentação de igrejas em dias de casamento em algumas cidades do estado do Rio Grande do Sul. Schmitt e Windisch (2005) relatam que as populações de *A. setosa* no estado do Rio Grande do Sul, devido a supressão da vegetação estão sendo reduzidas, embora possuam importância florística, uma vez que seu cáudice serve como micro-habitat para diversas epífitas. Sobre sua biometria, hipsometria e volumetria pode-se citar o estudo de Lerner (2016).

Os membros do gênero *Cyathea* são encontrados a partir da floresta tropical de várzea até a floresta montana e nebulosa ou, ocasionalmente, em savanas e pastagens nos trópicos, em ravinas, margens da floresta, clareiras e locais perturbados. Existem plantas de cobertura, sub-bosque e cobertura do solo. Várias espécies colonizam agressivamente terras abertas ou perturbadas e podem sobreviver ao fogo (LARGE; BRAGGINS, 2004).

*Cyathea corcovadensis* (Raddi) Domin 1929 estende-se da Serra do Mar e região sul do Brasil, até ao Paraguai, entre as altitudes de 250 a 2100 metros. A título de curiosidade, o epíteto específico ‘corcovadensis’ refere-se ao Corcovado, o pico no lado sul da cidade do Rio de Janeiro. Costuma povoar as florestas primárias e secundárias e, também, áreas com vegetação arbustiva. Seu cáudice pode chegar até 60 centímetros de altura e suas frondes podem chegar a mais de 2,5 metros de comprimento contendo uma raque de coloração castanha a arroxeadas com escamas castanhas dispersas, além de possuir pínula com margem variável (LARGE; BRAGGINS, 2004).

Para *C. corcovadensis* os estudos existentes quase que exclusivamente subsidiam informações sobre taxonomia e florística, sendo que estudos sobre sua estrutura populacional, fenologia, distribuição espacial, dinâmica e propriedades medicinais são raros ou até mesmo inexistentes (NEUMANN, 2010). Sobre sua biometria pode-se citar o estudo de Lerner (2016).

*Cyathea phalerata* estende-se do Mato Grosso e Bahia para o Rio Grande do Sul, povoando florestas secundárias e áreas de matagal úmidas, especialmente ao longo dos bancos de riachos, entre as altitudes de 35 a 1300 metros. Possui cáudice que pode chegar a até 10 metros de altura e, frondes que atingem 3 metros de comprimento, contendo escamas castanhas (LARGE; BRAGGINS, 2004).

Sobre *C. phalerata*, existem estudos que demonstram seu potencial medicinal. Hort et al. (2008) relataram o seu potencial para patologias hepáticas e diabetes; Zanatta et al. (2008) também estudaram o seu potencial para o tratamento do diabetes; Yamasaki et al. (2011) do Japão, estudaram um princípio ativo de *C. phalerata* que poderia ser utilizado como

mimético de insulina. Hort (2006) observou que o potencial antioxidante de *C. phalerata* extraído do seu cáudice, em associação com a atividade vasodilatadora, pode ser importante para o tratamento de doenças cardiovasculares. Existem estudos sobre a taxonomia desta espécie (SCHWARTSBURD; LABIAK, 2007), biometria (LERNER, 2016) e sobre florística (REGINATO; GOLDENBERG, 2007), mas estudos sobre sua estrutura populacional, distribuição espacial e fenologia praticamente não existem.

Para outras espécies do gênero *Cyathea* têm-se estudos, a exemplo da distribuição espacial agregada e características estruturais populacionais de *Cyathea delgadii* Stern (SCHMITT; WINDISCH, 2007, OLIVEIRA et al., 2019, LEHN; RESENDE, 2007).

Bystriakova, Bader e Coomes (2011) estudaram samambaias arborescentes da Nova Zelândia, buscando reconhecer nichos de tolerância à sombra por meio do crescimento, morte e recrutamento de cinco espécies de samambaias arborescentes (sendo quatro do gênero *Cyathea*), em meio a Floresta pluvial temperada de várzea, por meio de um registro de 38 anos das alturas dos indivíduos. Os autores relatam que as samambaias arborescentes do gênero *Cyathea* ocupam nichos distintos ao longo de um espectro de tolerância à sombra e suas abundâncias relativas são fortemente influenciadas pelo histórico de perturbações.

## 1.3 MATERIAL E MÉTODOS

### 1.3.1 Área de Estudo

Diante da necessidade de se pesquisar o Pinheiro do Paraná (*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze) sob diferentes condições de cultivo, foi criada a Floresta Nacional de Irati (FNI), iniciando sua atividade a partir de 26 de setembro de 1946, com a denominação de Parque Florestal Manoel Henrique da Silva. Posteriormente, devido à política florestal nacional, essas áreas também foram testadas para verificar o desenvolvimento de diferentes espécies e procedências dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, em diferentes ambientes e tratos silviculturais (ICMBIO, 2013).

A Floresta Nacional – FLONA – (Figura 3) passou a ser assim denominada com a Portaria do IBDF nº 559, de 25 de outubro de 1968. Está localizada na região Centro-Sul, no Segundo Planalto do estado do Paraná, e incluiu parcialmente o município de Fernandes Pinheiro e Teixeira Soares, além de confrontar com os municípios de Irati e Imbituva. Possui uma área de 3495 hectares, sendo sua maior concentração de mata nativa, com predominância de araucária. Em parte de sua área (1308 hectares, 37,5%), foi realizado reflorestamento com

araucária, pinus e eucalipto (ICMBIO, 2013). Dentro da área de mata nativa, foram instaladas parcelas permanentes para fazer seu monitoramento desde o ano de 2002, indicando a presença de 124 espécies arbóreas, 84 gêneros e 42 famílias botânicas (ROIK, 2012).

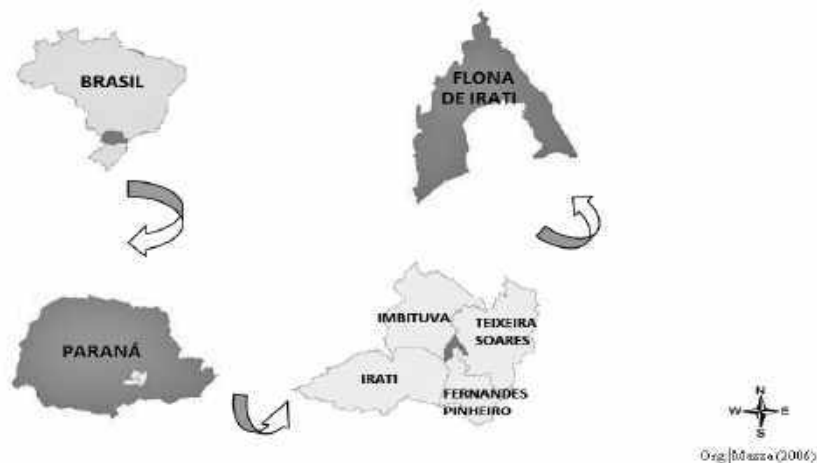


Figura 3: Localização da Floresta Nacional de Irati (FNI), Paraná.  
Fonte: MAZZA (2006).

O clima da Floresta Nacional de Irati, utilizando-se a classificação de Köppen, é do tipo Cfb (subtropical úmido mesotérmico, com verões frescos, geadas severas e frequentes e sem estação seca definida). Sua altitude é de 885 m em relação ao nível do mar e a formação florestal é denominada Floresta Ombrófila Mista Montana (FIGUEIREDO FILHO et al., 2010). Para a temperatura, tem-se a média máxima de 24,2 °C e a média mínima de 11,0 °C; a precipitação média mensal é de 193,97 mm (FIGUEIREDO FILHO; DIAS; WATZLAWICK, 2006). A umidade relativa do ar possui pequena variação anual, com valores entre 77% nos meses de agosto e novembro e 83% em maio e junho (ICMBIO, 2013).

Sabe-se que a Floresta Nacional de Irati, de modo geral, não exhibe mudanças abruptas de altitude, com relevo medianamente dissecado formando colinas e outeiros. Sobre os tipos de solos, predominam três classes, o Latossolo Vermelho Distrófico, localizado no setor oeste e ocupando 65% da área da unidade; o Cambissolo Háplico Distrófico, situado mais ao norte, às várzeas do rio Imbituva, preenchendo 25% da área, e o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, organizado em manchas a sudeste e leste dos limites da unidade, correspondendo cerca de 10% da Floresta Nacional de Irati (ICMBIO, 2013).

Na Figura 4 é apresentado o detalhamento dos solos das áreas (1 e 2) onde o estudo foi realizado. Na parte superior à direita é representada a área com 10 ha (Área 2) e, na parte inferior à esquerda, a área com 25 ha (Área 1). Este mapa foi elaborado pelas professoras da UNICENTRO, Aline Marques Genú (Departamento de Agronomia) e Kátia Cyrene Lombardi

(Departamento de Engenharia Florestal). O levantamento detalhado e o respectivo mapa são partes integrantes do Relatório Técnico de Figueiredo Filho (2011) elaborado para o CNPq (não publicado).

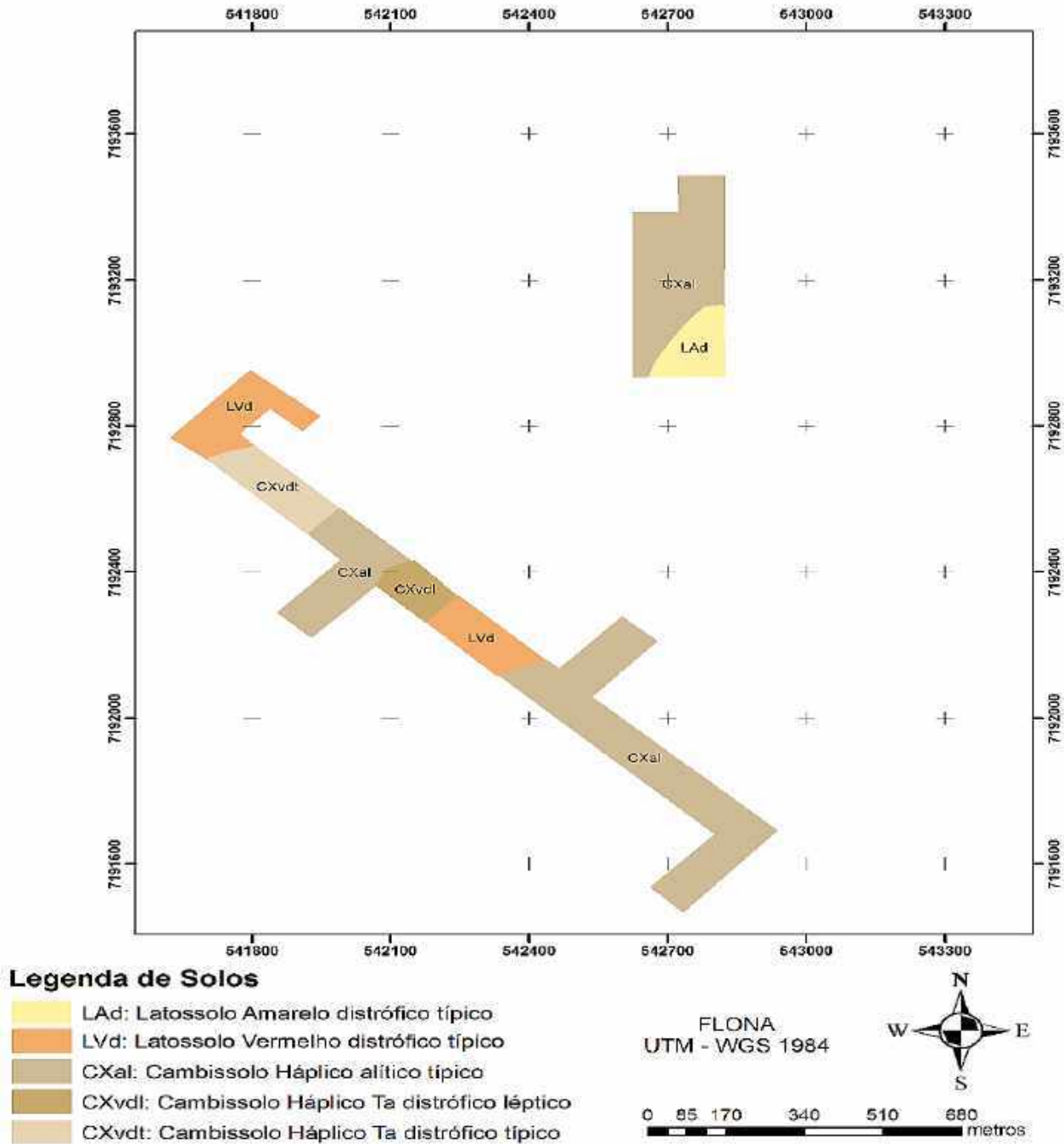


Figura 4: Representação de ocorrência das classes de solo na área estudada, nas parcelas permanentes na Floresta Nacional de Irati, Paraná.  
Fonte: FIGUEIREDO FILHO, 2011.

De acordo com o Relatório, predominam na área pesquisada quatro classes de solos: Latossolo Vermelho distrófico típico, Cambissolo Háplico Ta distrófico típico, Cambissolo

Háplico Ta distrófico léptico e Cambissolo Háplico alítico típico (FIGUEIREDO FILHO, 2011),

#### 1.4 PROCEDÊNCIA DOS DADOS

A área (Floresta Nacional de Irati) em que foi realizada a presente pesquisa, foi manejada entre as décadas de 1940 e 1950, porém, somente em algumas partes. Antes da criação da FLONA, parte da vegetação sofreu exploração seletiva, porém, após não foi realizado corte seletivo na área nativa. Tal fato faz com que esta área possa ser considerada como uma vegetação primária alterada ou vegetação secundária em estágio avançado (RODE, 2008).

Os dados empregados nesta pesquisa provêm de 25 parcelas permanentes (Figura 5) instaladas em 2002 em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista na Floresta Nacional de Irati, sendo denominada aqui de Área 1. A outra parte dos dados provêm de 10 parcelas permanentes instaladas em 2005 em um plantio de araucárias, sendo denominada de Área 2. O plantio de araucária ocorreu entre os anos de 1943 e 1947, necessitando de corte raso da área em questão, com conseqüente manutenção (por aproximadamente 10 anos) e desbastes, porém, a partir do momento que não ocorreram mais desbastes, instaurou-se um processo de regeneração sob as copas das Araucárias (RODE, 2008).

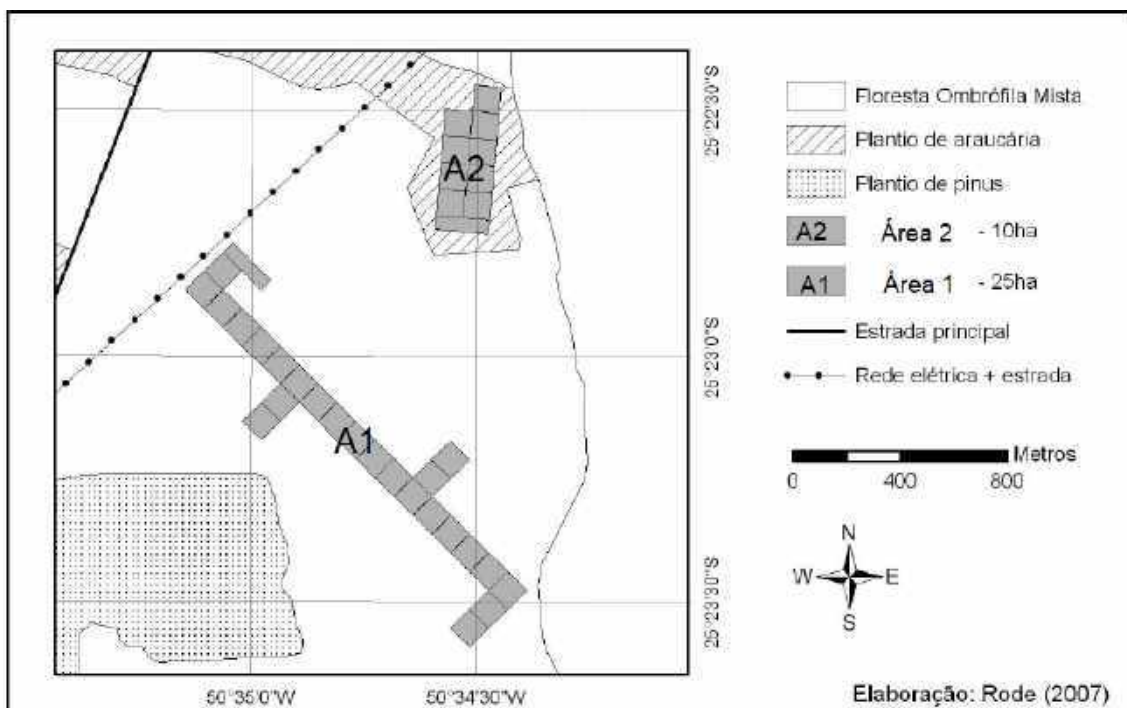


Figura 5: Localização das Parcelas Permanentes na Floresta Nacional de Irati, Paraná.

Fonte: Adaptado de RODE (2008).

Em ambas as áreas, todas as espécies arbóreas têm o diâmetro à altura do peito e a altura comercial medidas periodicamente, a cada três anos, desde o ano de 2002. As espécies de pteridófitas de porte arbórescente na área 1 foram monitoradas para avaliar sua dinâmica populacional a partir de 2014, enquanto que na área 2, o monitoramento iniciou-se em 2017, especialmente para realizar esta pesquisa.

Nas Figuras 6 e 7 é possível observar as unidades amostrais (em destaque) em que foram realizadas as coletas de dados para a presente pesquisa. A amostragem foi sistemática tanto na área 1 quanto na área 2. Nas áreas 1 e 2 foram instaladas e monitoradas, respectivamente, 37 e 22 unidades amostrais com 500 m<sup>2</sup> de área cada.

Sobre a amostragem sistemática, Batista, Couto e Silva Filho (2014) relataram que sua utilização nas pesquisas florestais substitui a amostragem aleatória simples por questões de praticidade e facilidade diante das condições de trabalho de campo em áreas florestais.

Na área 1, corresponde, nos blocos ímpares, a faixa 1 (em vermelho) da parcela 3, com exceção do bloco 25, optando-se por amostrar a faixa 1 da parcela 1 (representada com P1 na Figura 6), respeitando assim, a metragem fixa de distância entre as unidades amostrais. Nos blocos pares, as faixas 1 (em vermelho) e 2 (em azul) da parcela 3. Perfazendo uma área amostrada de 18.500 m<sup>2</sup> ou 1,85 ha.

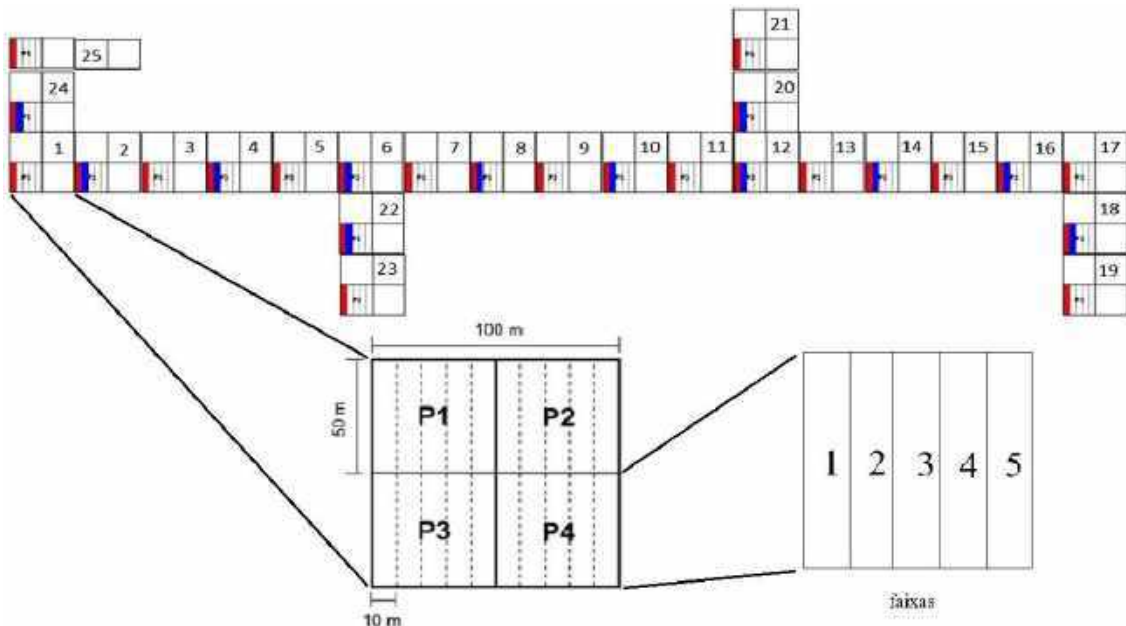


Figura 6: Croqui dos 25 ha de parcelas permanentes na Floresta Nacional de Irati.

Na área 2, corresponde, nos blocos 1 ao 9, as faixas 1 (verde) e 2 (vermelho) da parcela 3. Já no bloco 10, optou-se pelas faixas 1 e 2 das parcelas 2 e 4 visando respeitar a



metragem fixa de distância entre as unidades amostrais. Somando, neste local uma área amostrada de 11.000 m<sup>2</sup> ou 1,1 ha (Figura 7). Assim, a área total amostrada perfaz 59 unidades amostrais de 500 m<sup>2</sup> de área ou 2,95 ha.

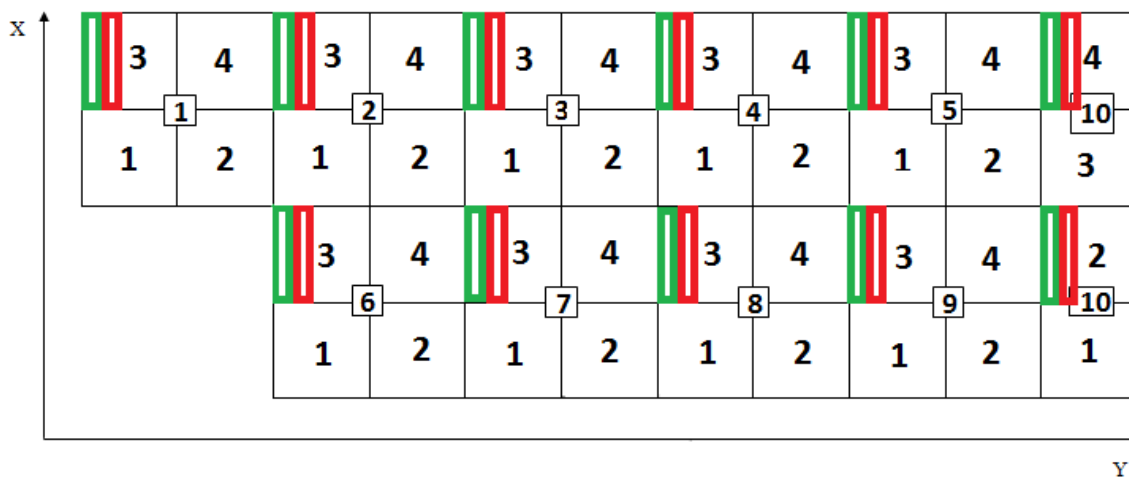


Figura 7: Croqui dos 10 ha de parcelas permanentes na Floresta Nacional de Irati.

## REFERÊNCIAS

ALFONSO-MORENO, R.A., CADENA-VARGAS, C. E., MORALES, G., PEÑA, N., Pérez, B. Conservación integral de *Dicksonia sellowiana* Hook., en Bogotá D.C. y su área de influencia. **Rev. Acad. Colomb. Cienc.** 35 (134): 79-96, 2011. ISSN 0370-3908.

BATISTA, J. L. F.; COUTO, H. T. Z.; SILVA FILHO. **Quantificação de recursos florestais: árvores, arvoredos e florestas.** 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014, 384p.

BITTENCOURT, S.; DALLA CORTE, A. P.; SANQUETTA, C. R. Estrutura da Comunidade de Pteridophyta em uma Floresta Ombrófila Mista, Sul do Paraná, Brasil. **Silva Lusitana**, Lisboa, Portugal, v.12, n. 2, p. 243-254. 2004.

BLUME, M.; RECHENMACHER, C.; SCHMITT, J. L.. Padrão de Distribuição Espacial de Samambaias no Interior Florestal do Parque Natural Municipal da Ronda, Rio Grande do Sul, Brasil. **PESQUISAS, BOTÂNICA**; São Leopoldo, 2010. Nº 61:219-227.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução no. 1/1994. Define vegetação primária e secundária nos estágios pioneiro, inicial e avançado de regeneração da Mata Atlântica, afim de orientar os procedimentos de licenciamento de exploração da vegetação nativa no Estado de São Paulo.** Diário Oficial da União, Brasília, 3 fev. Seção 1. 1994.

BYSTRIAKOVA, N.; BADER, M.; COOMES, D. A.. Long-term tree fern dynamics linked to disturbance and shade tolerance. **Journal of Vegetation Science.** 2011. V. 22, p. 72–84. Doi: 10.1111/j.1654-1103.2010.01227.

DURIGAN, G. Estrutura e Diversidade de Comunidades Florestais. In: MARTINS, S. V. (editor) **Ecologia de Florestas Tropicais do Brasil.** 2 ed, Viçosa, Ed. UFV, 2012, 371p.

FIGUEIREDO FILHO, A. Relatório técnico: **Comparação da dinâmica de uma Floresta Ombrófila Mista e uma vegetação arbórea estabelecida sob um plantio de *Araucaria angustifolia* no Centro Sul do estado do Paraná**, 2011, p. 36. Não publicado.

FIGUEIREDO FILHO, A.; DIAS, A. N.; STEPKA, T. F.; SAWCZUK, A. R. Crescimento, Mortalidade, Ingresso e Distribuição Diamétrica em Floresta Ombrófila Mista. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 40, n. 4, p. 763-776, out./dez. 2010.

FIGUEIREDO FILHO A.; DIAS A. N.; WATZLAWICK L. F. **INVENTÁRIO DAS FLORESTAS NATURAIS NA FLORESTANACIONAL DE IRATI, ESTADO DO PARANÁ**. [on line]. 2006. 188 p.

GASPER, A. L.; SEVEGNANI, L.; VIBRANS, A. C.; UHLMANN, A.; LINGNER, D. V.; VERDI, M.; DREVECK, S.; SANTOS, A. S.; BROGNI, E.; SCHMITT, R.; KLEMZ, G. Inventário de *Dicksonia sellowiana* Hook. em Santa Catarina. **Acta Botanica Brasilica** 25(4): 776-784. 2011.

HORT, M. A; DALBÓ, S.; BRIGHENTE, I. M. C.; PIZZOLATTI, M. G.; PEDROSA, R. C. P; VALLE, R. M. R. Antioxidant and Hepatoprotective Effects of *Cyathea phalerata* Mart. (Cyatheaceae). **Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology**, [on line], vol.103 (1), pp.17-24. 2008.

HORT, M. A. **Estudo das Atividades Vasodilatadora e Antioxidante de *Cyathea phalerata* Mart. (Cyatheaceae)**. Dissertação (Mestrado em Farmacologia) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2006, 114 p.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual técnico da vegetação brasileira. **Manuais técnicos em geociências**, n. 1. Rio de Janeiro: IBGE, 2012, p. 271.

ICMBIO - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Plano de Manejo da Floresta Nacional de Irati – Volume I. [on line]. Dezembro 2013.

IVANAUSKAS, N. M., ASSIS, M. C. Formações florestais brasileiras. In: MARTINS, S. V. (editor) **Ecologia de Florestas Tropicais do Brasil**. 2 ed, Viçosa, Ed. UFV, 2012, 371p.

JUDD, W. S.; CAMPBELL, C.S.; KELLOGG, E. A.; STEVENS, P. F.; DONOGHUE, M. J.. **Sistemática Vegetal: Um Enfoque Filogenético**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 632 p.

KAEHLER, M.; et al. **Plantas vasculares do Paraná**. 1ed, Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2014, p.198.

KLAUBERG, C.; PALUDO, G. F.; BORTOLUZZI, R. L. C.; MANTOVANI, A.. Florística e estrutura de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no Planalto Catarinense. **Revista Biotemas**, 2010, 23 (1): 35-47.

KORALL, P.; PRYER, K.. Global biogeography of scaly tree ferns (Cyatheaceae): evidence for Gondwanan vicariance and limited transoceanic dispersal. **Journal of Biogeography**. 2014; 41, 402–413.

LARGE, M. F.; BRAGGINS, J. E.. **Tree ferns**. Portland/Cambridge: Timber Press, 2004. 359 p.

LEHN, C. R., RESENDE, U. M. Estrutura populacional e padrão de distribuição espacial de *Cyathea delgadii* Sternb. (Cyatheaceae) em uma Floresta Estacional Semidecidual no Brasil Central. **Rev. biociên.**, Taubaté, v.13, n.3-4, p.188-195, jul/dez. 2007

LERNER, J. **Modelagem biométrica e Fitossociologia de Pteridófitas Arborescentes em Floresta Ombrófila Mista**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, PR. 2016, 89 p.

MALUCELLI, L.C., MASSULO, T., MAGALHÃES, W. L. E., STOFELLA, N. C. F., VASCONCELOS, E. C., CARVALHO-FILHO, M. A. S., MURAKAMI, F. S.. Thermal and chemical characterization of *Dicksonia sellowiana* extract by means of thermal analysis. *Revista Brasileira de Farmacognosia* (2018), <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2018.07.001>

MANTOVANI, M. **Caracterização de populações naturais de xaxim (*Dicksonia sellowiana* (Presl.) Hooker), em diferentes condições edafo-climáticas no Estado de Santa Catarina. Florianópolis**. 2004. 105 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

MARQUES, M. M.; KRUPPEK, R. A.. Distribuição espacial e estrutura populacional de *Dicksonia sellowiana* Hook. em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista em União da Vitória, Paraná. **Ambiência**, Guarapuava (PR), 2014. v.10 Suplemento 1 p. 351 – 362. DOI: 10.5935/ambiencia.2014.supl.09.

MAZZA, C. A. da S. **Caracterização ambiental da paisagem da Microrregião Colonial de Irati e zoneamento ambiental da Floresta Nacional de Irati, PR**. Tese de Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais pela Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP. 2006, p. 147.

MONTAGNA, T.; FERREIRA, D. K.; STEINER, F.; FERNANDES, C. D.; BITTENCOURT, R.; SILVA, J. Z.; MANTOVANI, A.; REIS, M. S.A Importância das Unidades de Conservação na Manutenção da Diversidade Genética de Xaxim (*Dicksonia sellowiana*) no Estado de Santa Catarina. **Biodiversidade Brasileira**, 2(2), 26-32, 2012.

NEUMANN, M. K. **Monitoramento do Crescimento e da Fenologia de *Cyathea corcovadensis* (Raddi) Domin (Cyatheaceae), em Remanescente de Floresta Atlântica, RS, Brasil**. Dissertação de Mestrado em Qualidade Ambiental pelo Centro Universitário FEEVALE, Novo Hamburgo. 2010, p. 75.

NOBEN, S.; KESSLER, M.; QUANDT D.; WEIGAND, A.; WICKE, S.; KRUG, M.; LEHNERT M.. Biogeography of the Gondwanan tree fern family Dicksoniaceae - A tale of vicariance, dispersal and extinction. **Journal of Biogeography**. 2017;1–12. DOI: 10.1111/jbi.13056.

OLIVEIRA, F. B., MAUHS, J., KÄFFER, M. I., SCHMITT, J. L. **Distribuição Espacial e Epífitos Vasculares de *Cyathea delgadii* Sternb. em um Fragmento de Floresta**

**Estacional Semidecidual no Sul do Brasil.** PESQUISAS, BOTÂNICA Nº 73: 165-182. São Leopoldo: Instituto Anchieta de Pesquisas, 2019. ISSN-2525-7412

OLIVEIRA, V.B.; ZUCHETTO, M.; MERINO, F. J. Z.; MIGUEL, O. G. *Dicksonia sellowiana* (Presl.) Hook, Dicksoniaceae UMA SAMAMBAIA CARACTERÍSTICA DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA: UMA REVISÃO. **Visão Acadêmica**, Curitiba, v.14, n.3, Jul. - Set./2013.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais.** São Paulo, NOBEL Editora, 2002, 541 p.

RAVEN, P. H.; EICHHORN, S. E.; EVERT, R. F. **Biologia Vegetal.** 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. 724p.

REGINATO, M.; GOLDENBERG, R. Análise florística, estrutural e fitogeográfica da vegetação em região de transição entre as Florestas Ombrófilas Mista e Densa Montana, Piraquara, Paraná, Brasil. **Hoehnea** 34(3): 349-364. 2007.

RODE, R. **Avaliação Florística e Estrutural de uma Floresta Ombrófila Mista e de uma Vegetação Arbórea estabelecida sob um povoamento de *Araucaria angustifolia* de 60 anos.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal pelo Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. 2008. p. 159.

ROIK, M. **Dinâmica (2002-2011) e Modelagem do Incremento Diamétrico em Fragmento de Floresta Ombrófila Mista na Floresta Nacional de Irati, Paraná.** Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, área de concentração: Manejo Florestal, pela Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, RR. 2012, p 141.

SAKAGAMI, C. R. **PTERIDÓFITAS DO PARQUE ECOLÓGICO DA KLABIN, TELÊMACO BORBA, PARANÁ, BRASIL.** Dissertação de Mestrado em Botânica pelo Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. 2006, p. 212.

SCHMITT, J. L. **Estudos florísticos, ecológicos e do desenvolvimento em Cyatheaceae (Pteridophyta) no Rio Grande do Sul, Brasil.** Tese (Doutorado em Ciências: Botânica) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2005, 167 p.

SCHMITT, J. L.; SCHNEIDER, P. H.; WINDISCH, P. G. Crescimento do cáudice e fenologia de *Dicksonia sellowiana* Hook. (Dicksoniaceae) no sul do Brasil. **Acta bot. bras.** 23(1): 282-291. 2009.

SCHMITT, J. L.; WINDISCH, P. G. Aspectos ecológicos de *Alsophila setosa* Kaulf. (Cyatheaceae, Pteridophyta) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta bot. bras.**, [on line], 19(4): 859-865. 2005.

SCHMITT, J. L.; WINDISCH, P. G. Estrutura populacional e desenvolvimento da fase esporofítica de *Cyathea delgadii* Sternb. (Cyatheaceae, Monilophyta) no sul do Brasil. **Acta bot. bras.**, [on line], 21(3): 731-740. 2007.

SCHWARTSBURD, P. B.; LABIAK, P. H. Pteridófitas do Parque Estadual de Vila Velha, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. **Hoehnea**, [on line], 34(2): 159-209, 2007.

SCOLFORO, J. R. S.; PULZ, F. A.; MELLO, J. M. de; et al. Modelo de produção para floresta nativa como base para manejo sustentado. **Cerne**, v. 2, n. 1, p. 112-137, 1996.

TEIXEIRA, W.; LINSKER, R. **Parques Nacionais: Sul – Cânions e Cataratas**. 1 ed, São Paulo: Terra Virgem, 2010, 204p.

WEBER, F. S.; LISBOA, G. S.; UBERTI, G. M.; LONGHI, S. J.; STEPKA, T. F.; KERVALLD, L. A.; MIRANDA, D. L. C.. DINÂMICA E ESTRUTURA DA ESPÉCIE *Dicksonia sellowiana* Hook. EM REMANESCENTE DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA. **Nativa**, Sinop, 2015. v. 03, n. 03, p. 171-178. ISSN: 2318-7670. Doi: 10.14583/2318-7670.v03n03a04.

YAMASAKI, K.; HISHIKI, R.; KATO, E.; KAWABATA, J. Study of Kaempferol Glycoside as an Insulin Mimic Reveals Glycon To Be the Key Active Structure. American Chemical Society, **Medicinal Chemistry Letters**, [on line], 2, 17-21. 2011.

ZANATTA, L.; ROSSO, A.; FOLADOR, P.; FIGUEIREDO, M. S. R. B.; PIZZOLATTI, M. G.; LEITE, L. D.; SILVA, F. R. M. B. Insulinomimetic Effect of Kaempferol 3-Neohesperidoside on the Rat Soleus Muscle. American Chemical Society and American Society of Pharmacognosy [on line]. **Journal of Natural Products**, 71 (4), p 532-535. 2008.

## CAPÍTULO II – ATRIBUTOS DO SOLO E A OCORRÊNCIA DE SAMAMBAIA ARBORESCENTE E SUA FENOLOGIA EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

### RESUMO

Objetivou-se, neste capítulo, verificar a interação dos atributos do solo relacionados com a presença das samambaias arborescentes, juntamente com sua fenologia na Floresta Nacional de Irati, Paraná. Utilizaram-se os dados de 25 unidades amostrais da matriz de atributos do solo (granulometria e propriedades químicas) junto com os dados das 25 unidades amostrais correspondentes da matriz vegetacional (número de indivíduos e área basal) para a análise de correspondência canônica. Dos dados fenológicos, utilizou-se das classes de altura para selecionar 10 indivíduos de *Alsophila setosa*, *Cyathea phalerata*, *Dicksonia sellowiana*, e nove indivíduos de *Cyathea corcovadensis*, para determinar as taxas de produção e senescência das frondes (báculos, frondes maduras, senescentes) e também para a parte reprodutiva (esporângios imaturos, completamente fechados e liberando esporos), com acompanhamento mensal durante três anos de observação (2016- 2019). O incremento em altura total foi aferido anualmente. Foram avaliadas as taxas de sincronia (índice de atividade) e das correlações (Spearman) das variáveis fenológicas com variáveis ambientais (fotoperíodo, temperatura e precipitação). Os atributos do solo mais associados com o número de indivíduos de *C. phalerata* foram a acidez, a argila e o cálcio. Para o número de indivíduos e área basal de *A. setosa*, as porcentagens de silte, magnésio, alumínio, potássio e fósforo foram os mais associados. Para a área basal de *D. sellowiana* silte, magnésio, alumínio, potássio e fósforo foram os mais distantes. Para o número de indivíduos de *D. sellowiana* e *C. corcovadensis*, as porcentagens de saturação de alumínio e capacidade de troca de cátions foram os mais associados. Sobre a fenologia, para *A. setosa* os báculos foram produzidos entre outubro e novembro e para sua fase reprodutiva houve pouca sincronia para os esporângios imaturos e não houve sincronia para os esporângios fechados e liberando esporos, porém houve correlação entre frondes maduras e temperatura mínima. *C. corcovadensis* produziu báculos entre outubro e novembro, para sua fase reprodutiva houve pouca sincronia, com picos em novembro e dezembro para esporângios imaturos, de outubro a janeiro para os esporângios fechados, e de novembro a fevereiro para a liberação dos esporos, além de que houve correlação das frondes maduras com o fotoperíodo. *C. phalerata* produziu báculos de setembro a novembro, sua fase reprodutiva teve alta sincronia (pico para os esporângios imaturos de novembro a dezembro, esporângios fechados entre janeiro e março, e liberando esporos em fevereiro e junho) e também houve correlação da altura total com a produção de frondes, números de báculos e de frondes maduras, sendo que as frondes maduras também se correlacionaram com a temperatura (mínima e média) e o fotoperíodo. Para *D. sellowiana* os báculos foram produzidos de setembro a dezembro, sendo que na fase reprodutiva não houve sincronia, porém, houve correlação das frondes maduras com a temperatura (mínima e média) e o fotoperíodo. Como período de colheita de frondes, sugere-se para as quatro espécies que seja feita no final do período do inverno e também que sejam feitos estudos fenológicos para cada formação florestal.

**Palavras-chave:** *Alsophila setosa*, *Cyathea* spp., *Dicksonia sellowiana*, análise de correspondência canônica, correlação, sincronia.

## INTERACTION OF SOIL CHARACTERISTICS WITH THE OCCURRENCE OF TREE FERN AND PHENOLOGY IN ARAUCARIA FOREST

### ABSTRACT

The objective of this chapter was to verify the interaction of soil attributes related to the presence of tree ferns, together with their phenology in the National Forest of Irati, Paraná. The data of 25 sample units of the soil attributes matrix (granulometry and chemical properties) were used together with the data of the 25 corresponding sample units of the vegetation matrix (number of individuals and basal area) for the analysis of canonical correspondence. From the phenological data, height classes were used to select 10 individuals of *Alsophila setosa*, *Cyathea phalerata*, *Dicksonia sellowiana*, and nine individuals of *Cyathea corcovadensis*, to determine the rates of production and senescence of the fronds (croziers, mature, senescent fronds) and also for the reproductive part (immature sporangia, completely closed and releasing spores), with monthly monitoring during three years of observation (2016-2019). The increase in total height was measured annually. The rates of synchrony (activity index) and correlations (Spearman) of phenological variables with environmental variables (photoperiod, temperature and precipitation) were evaluated. The soil attributes most associated with the number of individuals of *C. phalerata* were acidity, clay and calcium. For the number of individuals and basal area of *A. setosa*, the percentages of silt, magnesium, aluminum, potassium and phosphorus were the most associated. For the basal area of *D. sellowiana* silt, magnesium, aluminum, potassium and phosphorus were the most distant. For the number of *D. sellowiana* and *C. corcovadensis* individuals, the percentages of aluminum saturation and cation exchange capacity were the most associated. Regarding phenology, for *A. setosa* the croziers were produced between October and November and for their reproductive phase there was little synchrony for the immature sporangia and there was no synchrony for the closed sporangia and releasing spores, but there was a correlation between mature fronds and minimum temperature. *C. corcovadensis* produced croziers between October and November, for its reproductive phase there was little synchrony, with peaks in November and December for immature sporangia, from October to January for closed sporangia, and from November to February for spore release, in addition to that there was a correlation between the mature fronds and the photoperiod. *C. phalerata* produced croziers from September to November, its reproductive phase was highly synchronized (peak for immature sporangia from November to December, closed sporangia between January and March, and releasing spores in February and June) and there was also a correlation of total height with the production of fronds, numbers of sticks and ripe fronds, and the ripe fronds also correlated with temperature (minimum and medium) and photoperiod. For *D. sellowiana*, the croziers were produced from September to December, and in the reproductive phase there was no synchrony, however, there was a correlation of the mature fronds with the temperature (minimum and medium) and the photoperiod. As a frond harvest period, it is suggested for the four species that it be carried out at the end of the winter period and also that phenological studies be carried out for each forest formation.

**Keywords:** *Alsophila setosa*, *Cyathea* spp, *Dicksonia sellowiana*, canonical correspondence analysis, correlation, synchrony.

## 2.1 INTRODUÇÃO

Ferreira Júnior, Schaefer e Silva (2012) argumentam que o solo deve ser compreendido como uma variável integradora, por ser o produto da atuação do clima e dos organismos sobre a rocha ao longo do tempo, fazendo com que, diante das diferentes condições climáticas em ação conjunta de vários organismos, o solo representará a diversidade ambiental deste local, funcionando como descritor interpretativo das condições ambientais, principalmente das comunidades vegetais.

As comunidades vegetais também exercem grande efeito nos processos evolutivos do solo, a exemplo da ciclagem biogeoquímica estabelecida em função do ambiente florestal que, junto com os processos relacionados à gênese do solo, contribuem para a formação de um dado ambiente, fazendo com que exista reciprocidade na influência dos solos e comunidades vegetais em um dado ecossistema (FERREIRA JÚNIOR; SCHAEFER; SILVA, 2012).

Primavesi (2002) descreve que para uma planta nativa aparecer em um determinado local, significa que existem as condições mínimas favoráveis para seu desenvolvimento, tornando possível utilizar plantas nativas como indicadoras, pois mostram perfeitamente as condições do solo, a exemplo das samambaias (em geral) que, por acumularem alumínio em suas frondes, podem indicar solos com alto teor de alumínio trocável, mas isto não significa que o solo em questão não possa ser rico em nutrientes e ser habitado por outras espécies.

Zuquim et al. (2012), em estudo com pteridófitas amazônicas, relataram que as samambaias respondem fortemente ao solo e são indicadoras de poluição, luz, disponibilidade de água no solo e indicadoras do solo propriamente dito e, acrescentam que parte das espécies do grupo das samambaias tem potencial para servir como indicadores em monitoramentos ambientais.

Para compreender as possíveis relações existentes entre samambaias e o solo, bem como outros tipos de relações, podem ser usadas técnicas de análises multivariadas. Neste caso, Valentin (2012) relatou que detectar e descrever os padrões estruturais, espaciais e temporais nas comunidades biológicas, bem como formular hipóteses sobre as possíveis causas que os regem, constituem os principais objetivos destas técnicas estatísticas. Isto permite descrever sua estrutura, quantificar o grau de associação entre variáveis e objetos, evidenciando e hierarquizando os fatores responsáveis pela variabilidade dos dados e da estrutura do sistema estudado.



De posse de todas as informações disponíveis sobre o ciclo da planta, é possível identificar as relações e a influência dos fatores envolvidos no processo de desenvolvimento, favorecendo a previsão de problemas, no detalhamento do manejo, entre outras tomadas de decisões (MARIN, 2015). Ferrera (2011) defende que a caracterização das fenofases é importante na dinâmica da população e da comunidade de plantas de determinada área por existir relação, em maior ou menor grau, com a precipitação, fotoperíodo, temperatura, radiação solar, atributos do solo e agentes dispersores.

A ciência que estuda as mudanças exteriores e as transformações que estão relacionadas ao seu respectivo ciclo é a Fenologia. Neste caso, analisa o desenvolvimento da planta ao longo de suas diferentes fases (da germinação até a formação das sementes e maturação) (MARIN, 2015). A maioria destes estudos fenológicos acaba por focar espécies arbóreas das comunidades florestais e raramente as pteridófitas são consideradas em estudos fenológicos nos trópicos (SCHMITT; SCHNEIDER; WINDISCH, 2009). Já Ferrera (2011) relata que no Brasil os estudos fenológicos em sua maioria são embrionários e estão restritos à área agrícola.

Silva (2008) observa que estudos fenológicos sobre Cyatheaceae estão relacionados a produção de frondes maduras, imaturas e sua respectiva senescência para estimar as idades das pteridófitas arborescentes. Enquanto, que para a espécie *Dicksonia sellowiana* (Pres.) Hook (família Dicksoniaceae), Schmitt, Schneider, Windisch (2009) relatam que dados sobre o crescimento do cáudice e a fenologia das frondes são praticamente inexistentes.

Diante do exposto, torna-se evidente a necessidade de apoio para o desenvolvimento de estudos que venham a suprir a falta de informações não apenas sobre os atributos do solo que influenciam na presença de samambaias arborescentes, mas também que mostrem com mais detalhes a relação das samambaias arborescentes com as espécies arbóreas, além de fornecer dados que auxiliem na compreensão de seu ciclo de vida, por meio de estudos fenológicos.

## **2.2 OBJETIVOS**

### **2.2.1 Objetivo Geral**

Avaliar os atributos do solo relacionados com a presença das samambaias arborescentes das espécies *A. setosa*, *C. corcovadensis*, *C. phalerata* e *D. sellowiana*, além de caracterizar a fenologia das samambaias arborescentes em Floresta Ombrófila Mista.

### **2.2.2 Objetivos específicos**

- Analisar a correlação da presença das quatro espécies de samambaias arborescentes com os atributos químicos e granulometria do solo presente na área de estudo;
- Avaliar o efeito da precipitação, da luminosidade e da temperatura ou a combinação destes na produção de frondes e esporângios.

## **2.3 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.3.1 Área de estudo**

A presente pesquisa foi realizada na Floresta Nacional de Irati, no Estado do Paraná. O detalhamento da área com sua vegetação, tipo de solo, localização e sistema de amostragem, estão descritos no Capítulo 1. Salienta-se que neste capítulo foram utilizados apenas dados provenientes da Área 1. Também salienta-se que a vegetação é caracterizada de acordo com Rode (2008), como secundária em estágio avançado.

### **2.3.2 Determinação e análise das variáveis da interação das samambaias arborescentes com o solo**

Para este tópico foram utilizados dados provenientes do levantamento de solos realizado em 2010 pelas professoras Aline Marques Genú, do Departamento de Agronomia, e Kátia Cyrene Lombardi, do Departamento de Engenharia Florestal da UNICENTRO (Universidade Estadual do Centro-Oeste), no qual foram disponibilizadas informações da granulometria e atributos químicos do solo. O levantamento detalhado e respectivo mapa faz

parte do Relatório Técnico de Figueiredo Filho (2011), elaborado para o CNPq (não publicado). Para mais detalhes sobre o relatório, vide Capítulo I.

Das 37 unidades amostrais do inventário das samambaias arborescentes estabelecidas na área 1 (floresta nativa), 25 unidades amostrais estão localizadas sobre pontos de coleta de solo e, portanto, neste capítulo foram utilizados apenas os dados destas 25 unidades amostrais de 10 x 50 m (500 m<sup>2</sup>) para correlacionar com os atributos químicos e granulometria do solo (0-20 cm de profundidade) da área de estudo.

Para processar os dados utilizaram-se duas matrizes, uma matriz com dados vegetacionais de densidade e área basal das quatro espécies de samambaias arborescentes e uma matriz com dados de solos, mais exatamente seus componentes químicos (pH, fósforo, alumínio, cálcio, magnésio, potássio, soma de bases, capacidade de troca de cátions e porcentagem de saturação por Alumínio) e granulometria (porcentagem de argila, silte e areia).

Para verificar a relação entre os atributos do solo com a presença de samambaias de porte arborescente na Floresta Nacional de Irati, foi utilizada a Análise de Correspondência Canônica (ACC) que visa obter um sistema reduzido de coordenadas, proporcionando informações sobre as semelhanças das amostras. Para tanto, empregou-se o programa estatístico R (pacote ‘vegan’, função ‘cca’).

Devido à variância dos dados optou-se por padronizá-los, por meio da transformação log+1, por ser a mais utilizada. Para a ANOVA, aceitou-se o limite de 10%.

### 2.3.3 Determinação e análise das variáveis fenológicas das samambaias arborescentes

Para obter os dados fenológicos, foi utilizada a metodologia empregada por Neumann, Schneider e Schmitt (2014), com adaptações. Portanto, foram selecionados 10 indivíduos das espécies *A. setosa*, *C. phalerata*, *D. sellowiana*, e 9 indivíduos de *C. corcovadensis* (devido à baixa densidade), totalizando 39 indivíduos, distribuídos uniformemente dentro das classes de altura. Estes indivíduos foram marcados com etiquetas metálicas numeradas e fixadas no cáudice com fio de nylon. Plantas presentes perto das trilhas foram excluídas para evitar um possível efeito antrópico, bem como plantas que possuíam cáudice ramificado (com duas coroas ou mais).

Para determinar as taxas de produção e senescência das frondes, foram contados os números de báculos (frondes novas), frondes maduras (totalmente expandidas com pinas

verdes) e senescentes (com todas as pinas secas ou apenas a base dos pecíolos restantes), mensalmente, durante três anos de observação. O número de frondes férteis e o período em que houve plantas com esporângios imaturos, completamente fechados e liberando esporos, também foram registrados.

Foi aplicado o teste de correlação de Spearman entre variáveis para verificar as relações entre produção, senescência foliar e média anual de frondes férteis com altura das plantas; produção, senescência foliar e média mensal de frondes maduras, bem como os eventos da fenologia de esporângios com precipitação, temperatura média mensal e média mensal de comprimento do dia. Os valores de referência que qualificam as correlações foram adotados de acordo com Davis (1971):  $r = 0,01$  a  $0,09$  são correlações desprezíveis;  $r = 0,10$  a  $0,29$  são fracas;  $r = 0,30$  a  $0,49$  são moderadas;  $r = 0,50$  a  $0,69$  são fortes;  $r = 0,70$  a  $0,99$  são muito fortes; e  $r = 1,0$  indica correlação perfeita.

Para analisar o sincronismo dos eventos fenológicos foi utilizado o índice de atividade (ou índice de sincronia), visando avaliar a presença ou ausência da fenofase no indivíduo, pois de acordo com Morellato e Leitão-Filho (1990) o índice de atividade tem caráter quantitativo em nível populacional, indicando a porcentagem de indivíduos da população que está expressando certo evento fenológico. Para tanto, foram considerados assincrônicos quando menos de 20% dos indivíduos estudados se encontravam na mesma fenofase; pouco sincrônicos ou sincronia baixa quando de 20 a 60% dos indivíduos estavam na mesma fenofase, e sincronia alta quando mais de 60% dos indivíduos estavam na mesma fenofase.

Os dados referentes à precipitação (em mm) e temperatura (mínima, média e máxima, em °C), foram fornecidos pelo IAPAR (Instituto Agrônomo do Paraná), Estação Fernandes Pinheiro, que fica cerca de 10 km da área estudada. A precipitação foi trabalhada como média diária, e não o acumulado mensal. Para parear os dados climáticos com os dados fenológicos, foram considerados os 30 dias anteriores ao dia da coleta de dados fenológicos.

A estimativa do fotoperíodo foi obtida por meio da fórmula (SOARES; BATISTA, 2004):

$$N = 2 \cdot \frac{\arccos(-\operatorname{tg}\varphi \cdot \operatorname{tg}(23,45 \cdot \operatorname{sen}[360^\circ/365 \cdot (D-80)]) \cdot (180/\pi))}{15}$$

Em que  $N$  é o valor do fotoperíodo,  $\arccos$  é o arco cosseno inverso do ângulo,  $\operatorname{tg}$  é a tangente do ângulo;  $\varphi$  é a latitude do local de estudo,  $\operatorname{sen}$  é o seno do ângulo,  $D$  é o dia Juliano (que é o número de ordem do dia considerado),  $\pi$  é valor constante.

Para verificar o incremento em altura total, foram realizadas mensurações em intervalos de 12 meses, realizados sempre no mês de setembro, com o auxílio de régua telescópica.

Para facilitar o processamento dos dados, as informações foram separadas em três anos fenológicos, sendo eles: Ano 2017 que corresponde de outubro de 2016 a setembro de 2017, Ano 2018 que corresponde de outubro de 2017 a setembro de 2018, e Ano 2019 que corresponde de outubro de 2018 a setembro de 2019.

## 2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 2.4.1 Relação entre os atributos do solo e as samambaias arborescentes

Os valores médios e de desvio padrão os dados ambientais e vegetacionais estão representados na Tabela 1.

Tabela 1: Valores de média e desvio padrão para a densidade (n) e área basal da parcela (g) das quatro espécies de samambaias arborescentes para as 25 unidades amostrais e seus valores correspondentes para atributos químicos e granulometria.

Variáveis	Média	Desvio padrão
<i>A. setosa</i> (n)	63,12	± 47,03
<i>A. setosa</i> (g)	0,652	±0,460
<i>C. corcovadensis</i> (n)	0,08	± 0,27
<i>C. corcovadensis</i> (g)	0,003	±0,009
<i>C. phalerata</i> (n)	1	± 1,44
<i>C. phalerata</i> (g)	0,021	±0,032
<i>D. sellowiana</i> (n)	4,24	± 6,01
<i>D. sellowiana</i> (g)	0,282	±0,606
P (mg/dm <sup>3</sup> )	2,35	± 1,55
pH (CaCl <sub>2</sub> )	3,81	± 0,18
Al <sup>3+</sup>	4,63	± 1,47
Ca <sup>2+</sup>	0,93	± 1,09
Mg <sup>2+</sup>	1,10	± 0,78
K <sup>+</sup> (cmol/dm <sup>3</sup> )	0,26	± 0,16
Soma de Bases (SB)	2,29	± 1,77
CTC (pH 7)	18,95	± 3,54
Saturação por Al (m%)	68,61	± 19,61
Argila%	41,05	± 11,34
Silte%	14,06	± 5,65
Areia%	44,89	± 13,70

Em que: P (mg/dm<sup>3</sup>) – Fósforo, pH (CaCl<sub>2</sub>) – acidez, Al<sup>3+</sup> – Alumínio, Ca<sup>2+</sup> – Cálcio, Mg<sup>2+</sup> – Magnésio, K<sup>+</sup> – Potássio, CTC (pH 7) – capacidade troca de cátions.

Para as exigências da análise de correspondência canônica (Figura 8), foram excluídas automaticamente as seguintes variáveis: área basal de *Cyathea corcovadensis* e de *C. phalerata* por serem valores baixos, soma de bases e teor de areia por serem redundantes.

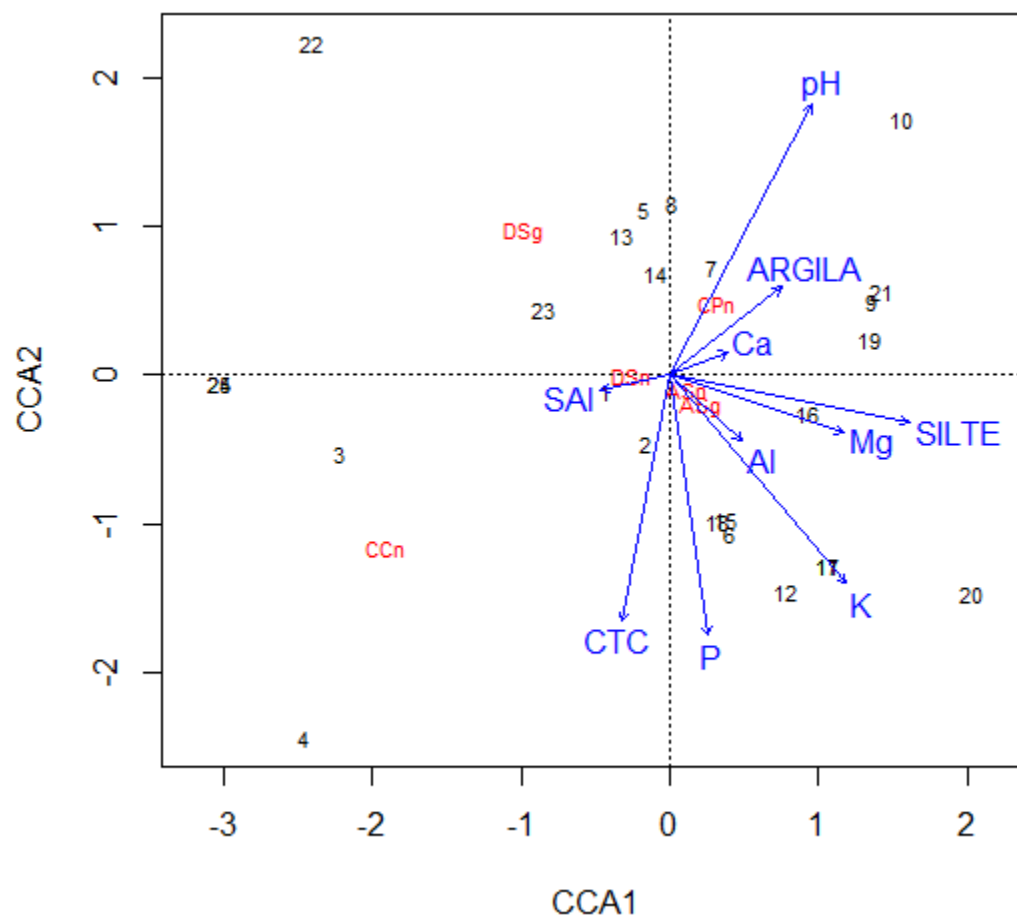


Figura 8: Diagrama de ordenação dos dois primeiros eixos da análise de correspondência canônica para as espécies de samambaias arbóreas com atributos químicos e granulometria do solo, na Floresta Nacional de Irati-PR. Em que: ASn – número de *Alsophila setosa*, ASg – área basal de *Alsophila setosa*, CCn – número de *Cyathea corcovadensis*, CPn – número de *Cyathea phalerata*, DSn – número de *Dicksonia sellowiana*, DSg – área basal de *Dicksonia sellowiana*, P – fósforo, pH – acidez, Al – alumínio, Ca<sup>2+</sup> - cálcio , Mg<sup>2+</sup> - magnésio, K<sup>+</sup> – potássio, CTC – capacidade troca de cátions.

Sobre os autovalores (Tabela 2), nota-se que os dois primeiros eixos descrevem 87,7% da variância dos dados do presente estudo. Sobre os escores dos atributos do solo (Tabela 4), para o eixo 1 a maior parte possui relações positivas, enquanto no eixo 2, a maioria das relações são negativas. A ANOVA da análise de correspondência canônica foi significativa ao nível de 10%.

Tabela 2: Autovalores para cada eixo com valores da variância acumulada a cada eixo para a análise canônica para as espécies de samambaias arborescentes com atributos químicos e granulometria, na Floresta Nacional de Irati-PR. Floresta Ombrófila Mista.

	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 4	Eixo 5
Autovalor	0,1372	0,0977	0,0182	0,0115	0,0031
Variância acumulada (%)	51,2	87,7	94,5	98,8	100

Tabela 3: Escores das espécies de samambaias arborescentes para os dois primeiros eixos da análise canônica, na Floresta Nacional de Irati-PR. Onde: ASn – densidade de *Alsophila setosa*, ASg – área basal de *Alsophila setosa*, CCn – densidade de *Cyathea corcovadensis*, CPn – densidade de *Cyathea phalerata*, DSn – densidade de *Dicksonia sellowiana*, DSg – área basal de *Dicksonia sellowiana*.

Variáveis	Eixo 1	Eixo 2
ASn	0,1237	-0,1002
ASg	0,2159	0,2053
CCn	-1,9110	-1,1654
CPn	0,3214	0,4827
DSn	-0,2564	-0,0089
DSg	-0,9896	0,9670

Tabela 4: Escores dos atributos químicos do solo juntamente com a granulometria para os dois primeiros eixos da análise canônica, na Floresta Nacional de Irati-PR.

Variáveis	Eixo 1	Eixo 2
P	0,0861	-0,5866
pH	0,3186	0,6090
Al	0,1626	-0,1487
Ca	0,1289	0,0509
Mg	0,3921	-0,1316
K	0,3974	-0,4699
CTC	-0,1079	-0,5544
SAI	-0,1564	-0,0344
Argila	0,2505	0,1980
Silte	0,5398	-0,1066

Em que: P – Fósforo, pH – acidez, Al – Alumínio, Ca<sup>2+</sup> - Cálcio, Mg<sup>2+</sup> - Magnésio, K – Potássio, CTC – capacidade troca de cátions.

Sobre o diagrama das espécies (Figura 8), sabe-se que quanto mais distante o ponto se encontra do centro, maior é o seu poder discriminante e que quanto mais próximo, menor é o seu poder discriminante (VALENTIN, 2012). No presente estudo a maior parte apresentou baixo valor discriminante, porém ainda assim é possível fazer algumas observações.

A densidade *C. phalerata* está no mesmo quadrante que o nível de acidez (pH) e porcentagem de argila e cálcio (Ca), todos de forma positiva, portanto tem maior nível de associação com estes, fazendo que quanto maiores os valores de pH, argila e Ca, maior a probabilidade de alta densidade de *C. phalerata*.

A densidade e área basal de *A. setosa* possuem maior associação com as porcentagens de silte, magnésio (Mg), alumínio (Al), fósforo (P) e potássio (K). Já a área basal de *D. sellowiana* está no quadrante oposto, portanto tem menor associação com estes atributos do solo.

A densidade de *C. corcovadensis* e *D. sellowiana* estão no mesmo quadrante que a saturação por alumínio (SAI) e a capacidade de troca de cátions (CTC), demonstrando maior e associação entre si.

Zuquim et al. (2012) estudaram samambaias em geral, em quatro locais na Amazônia central e norte brasileira, nos estados do Amazonas e Roraima, e relataram que os principais fatores associados à composição das espécies variaram entre os locais, em que: existe a diferença na concentração de cátions, esta variável é um forte preditor de dissimilaridade florística nos locais com heterogeneidade pronunciada na concentração de cátions. A diferença no teor de argila foi a variável mais relevante em locais com concentrações uniformes de cátions, o que suporta a ideia de que os gradientes ambientais são hierarquicamente estruturados. Os autores também salientaram que estas diferenças são percebidas, de melhor maneira, quando em maiores escalas.

Higuchi et al. (2013) ao avaliarem as características ambientais de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista localizado no município de Painel/SC, relataram que em parcelas com menor porcentagem de argila houve maior densidade de *Dicksonia sellowiana*, sendo que esta espécie demonstrou ser de ocorrência restrita, ocorrendo em 30 % das parcelas, em locais mais úmidos e, muitas vezes, situados na encosta sul das florestas (que possui menor incidência de luz).

Gaspar et al. (2017), desenvolvendo seu estudo no mesmo local que o presente estudo, com *Dicksonia sellowiana*, relataram que, somente a variável areia está agrupada com as variáveis descritoras desta espécie (densidade, volume, DAP, área basal). Além disso, no extremo oposto, onde verificou-se maior quantidade de argila há menor densidade de xaxins, corroborando com os dados de Higuchi et al. (2013) e com os dados do presente estudo.

Floss (2011), ao estudar em nascentes a presença de espécies em formações florestais distintas no oeste de Santa Catarina, encontrou que *D. sellowiana* se desenvolve em solos ácidos e úmidos, com maiores teores de potássio, de alumínio, podendo ser utilizada como espécie indicadora de solos com saturação por alumínio para o oeste catarinense, em que o mesmo pode ser aplicado para *A. setosa*. Os dados do presente estudo divergem parcialmente,



pois, *A. setosa* não possui associação próxima de saturação de alumínio e nem *D. sellowiana* com potássio. O fato de serem formações florestais distintas pode explicar as divergências.

Mazziero (2013) em seu estudo com samambaias de todos os hábitos, no Parque Estadual Alto Ribeira, no município de Iporanga (SP), analisou áreas de duas formações geológicas (calcário e filito) e, dentre as espécies estudadas encontrou *A. setosa*, como sendo uma das espécies indicadoras de solos mais profundos, pobres e argilosos nas áreas de filito, não ocorrendo nas áreas de calcário. A ocorrência desta espécie com exclusividade nas áreas de filito pode estar relacionada à presença de solos mais profundos, o que permite a reprodução vegetativa típica desta espécie. *A. setosa* também apresentou sua distribuição positivamente relacionada à presença de potássio. O autor ainda salientou que o fato das áreas de filito possuir a presença de cursos d'água com maior frequência, que nas áreas de calcário, podem ter proporcionado ambientes mais úmidos e, portanto, propícios para esta espécie. Os dados do presente estudo referente aos teores de potássio corroboram com os dados de Mazziero (2013).

Costa et al. (2011), ao estudarem a relação entre as variáveis ambientais com a formação vegetal do tipo mosaico de Floresta Tropical Superomontana em Poços de Caldas (MG), encontraram que a densidade de *Cyathea delgadii* e *C. phalerata* possui maior associação com maiores teores de magnésio e menores valores de altitude, sendo que *C. phalerata* possuía maior dominância que *C. delgadii*. No presente estudo *C. phalerata* possui relação positiva com magnésio, mas não de forma próxima (eixo 1).

Para *C. corcovadensis* não foram encontrados trabalhos para poder efetuar comparação em nível de espécie.

#### 2.4.2 Fenologia

As temperaturas mensais (Figura 9) para o ano fenológico de 2017 variaram entre 7,6 °C e 29,6 °C, com média de 18,1 °C e precipitação acumulada de 1445 mm. Para o ano fenológico de 2018, as temperaturas mensais variaram entre 9 °C e 27,6 °C, com média de 18 °C e precipitação acumulada de 1590 mm. Para o ano fenológico de 2019 houve variação na temperatura de 8,5 °C e 30,6 °C com média de 18,6 °C e precipitação acumulada de 1629 mm.

Sobre a variação de precipitação, o mês que houve menor média foi julho de 2018 com 0,1 mm por dia e, o mês com maior média foi janeiro de 2018 com 9,8 mm por dia.

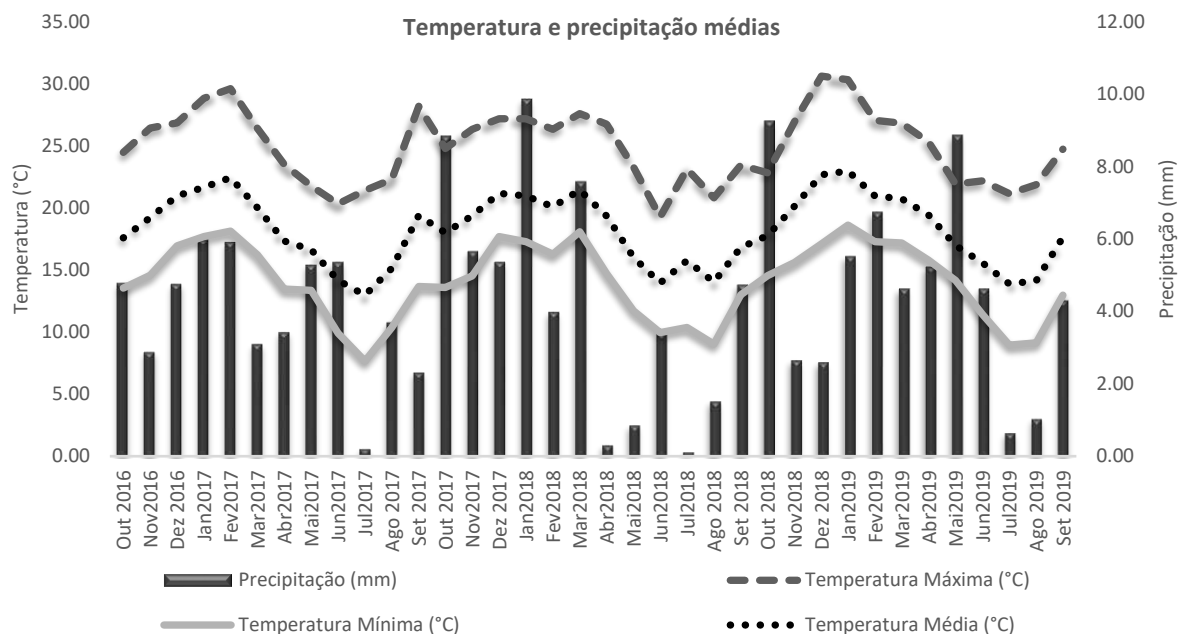


Figura 9: Valores médios mensais para temperaturas (°C) mínimas, médias e máximas, e valores médios para precipitação (mm). Dados cedidos pelo IAPAR – Estação Fernandes Pinheiro, PR.

Sobre o fotoperíodo (Figura 10), para os três anos fenológicos, os meses com os maiores valores foram dezembro com 13,57 horas. Já os meses com menores valores foram junho com 10,43 horas.

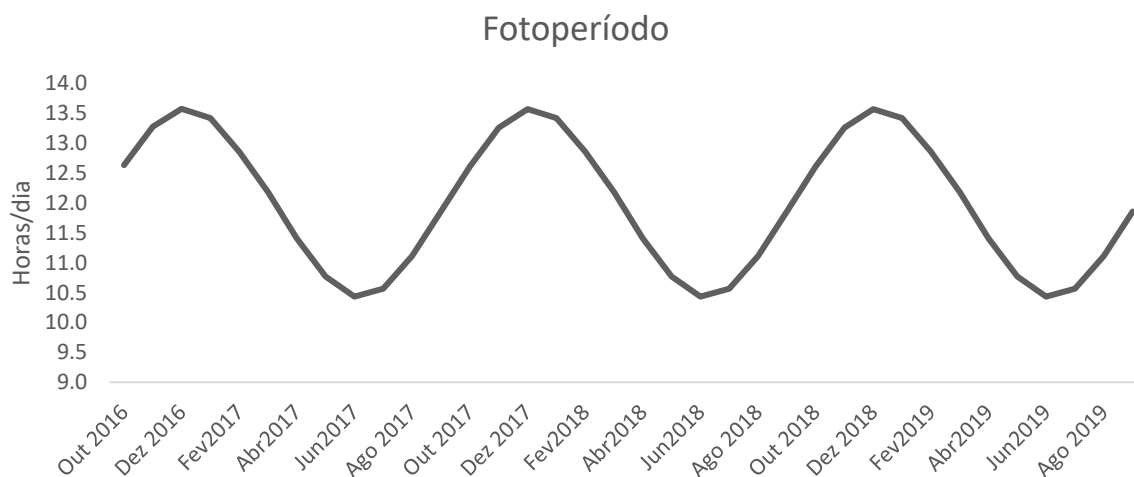


Figura 10: Valores do fotoperíodo de outubro de 2016 a setembro de 2019 para a Floresta Nacional de Irati, PR.

### 2.4.2.1 *Alsophila setosa* Kaulf

Para os dez indivíduos de *A. setosa* selecionados (Tabela 5), em 2016 havia uma amplitude de 4,07 m na altura total, permanecendo em 4,22 m para os outros anos. Houve crescimento nulo em altura entre um ano e outro, mas não houve crescimento nulo para o período, sendo que para o incremento em altura para o período (3 anos) obteve-se o mínimo de 0,05 m, médio de 0,42 m, máximo de 0,93 m, além do desvio padrão de 0,31 m.

Tabela 5: Estatísticas da variável altura total (m) para 10 indivíduos de *Alsophila setosa* em amostragem fenológica (2016-2019), na Floresta Nacional de Irati –PR.

Altura (m)	Ano			
	2016	2017	2018	2019
Mínimo	1,04	1,09	1,09	1,09
Médio	2,88	3,08	3,19	3,29
Máximo	5,11	5,31	5,31	5,31
Desvio padrão	1,37	1,44	1,47	1,48

Para a fenologia vegetativa foram avaliados os báculos (Figura 11), as frondes maduras e as senescentes. Para a produção de báculos há dois períodos, em outubro e novembro com maior intensidade e alta sincronia (100%) e em fevereiro com menor intensidade e pouco sincrônico (30%).

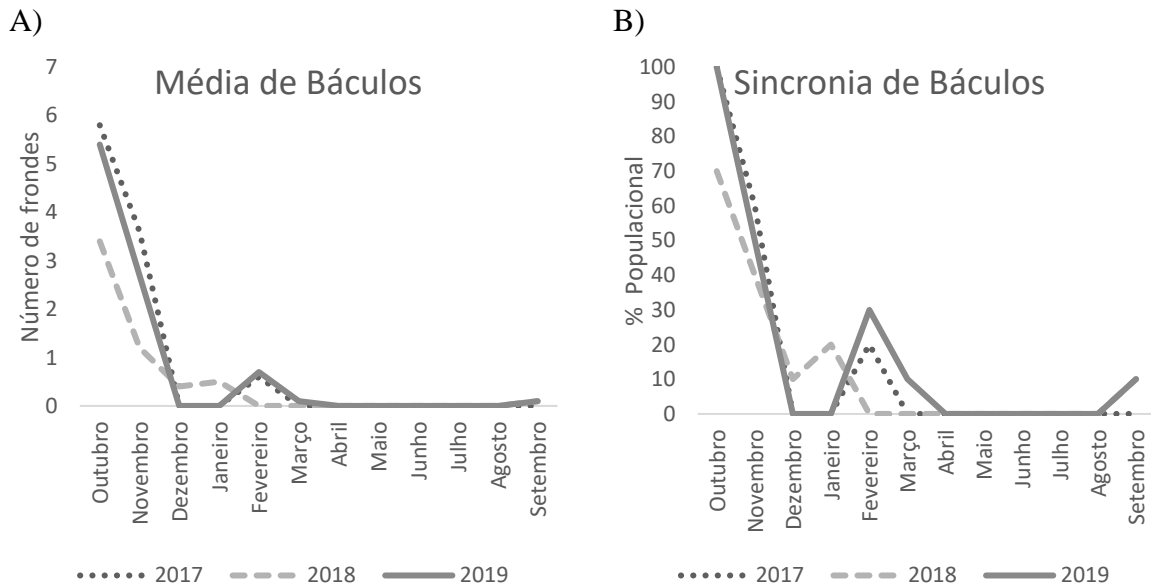


Figura 11: Produção individual de báculos para *A. setosa* em números médios (A) com respectiva sincronia (B), na Floresta Nacional de Irati – PR.

Para as frondes maduras (Figura 12), percebe-se uma menor média para os meses de julho, agosto, setembro e outubro, sendo a menor sincronia do período para setembro de 2019

em resposta às geadas fortes (ou seja, temperaturas muito baixas), porém, uma sincronia alta (70%).

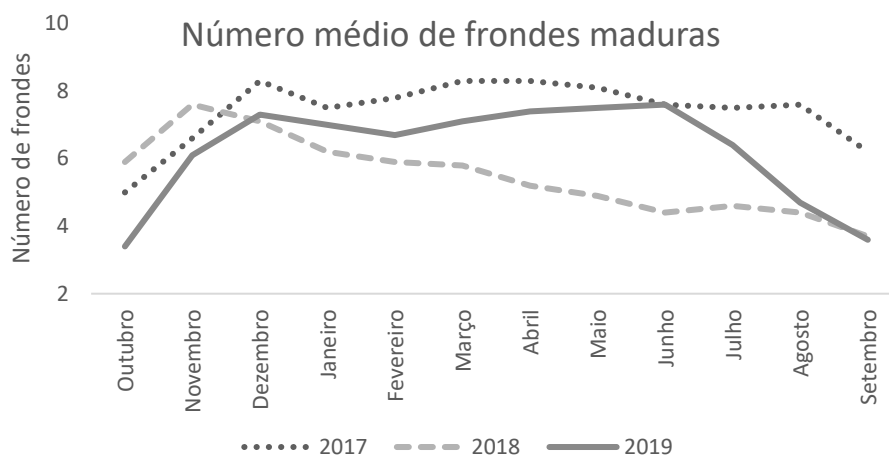


Figura 12: Produção individual de frondes maduras para *A. setosa* em números médios, na Floresta Nacional de Irati – PR.

Para as frondes senescentes (Figura 13), ocorre o esperado, ou seja, uma sincronia alta, pois há um aumento na média para os meses de julho a outubro. Curiosamente sua menor sincronia foi em outubro de 2016 (30%, pouco sincrônico), sendo as demais acima de 70% (alta sincronia).

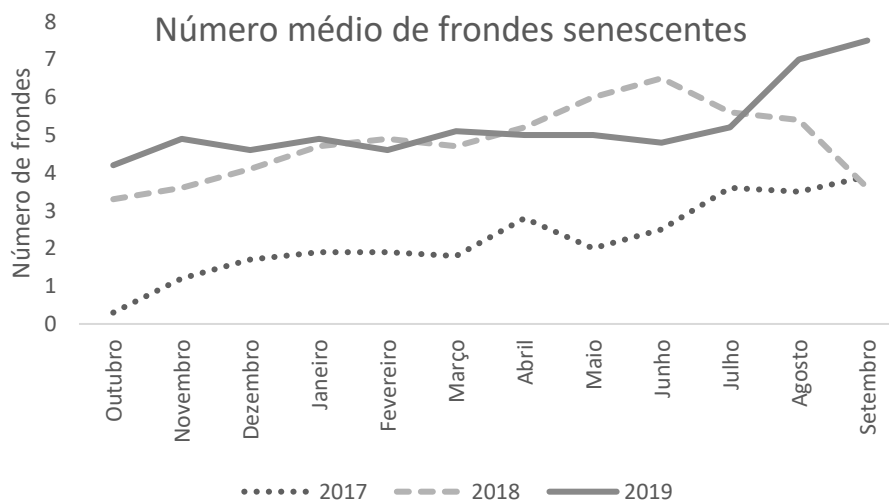


Figura 13: Produção de frondes senescentes para *A. setosa* em números médios, na Floresta Nacional de Irati – PR.

Diante dos dados da fenologia vegetativa e imaginando que frondes maduras sejam coletadas para fins comerciais, sugere-se que a colheita seja feita no final do inverno, mais exatamente antes do início do desenvolvimento dos báculos, evitando que os mesmos possam ser prejudicados de alguma maneira durante a colheita.

Para a fenologia reprodutiva, foram observadas três etapas: esporângios imaturos, esporângios fechados e liberando esporos. Para os esporângios imaturos (Figura 14) houve um aumento da produção nos meses de dezembro, porém foi pouco sincrônico (30%). Para o ano fenológico de 2019 não foi observada a produção de esporângios, provavelmente devido a precipitação alta.

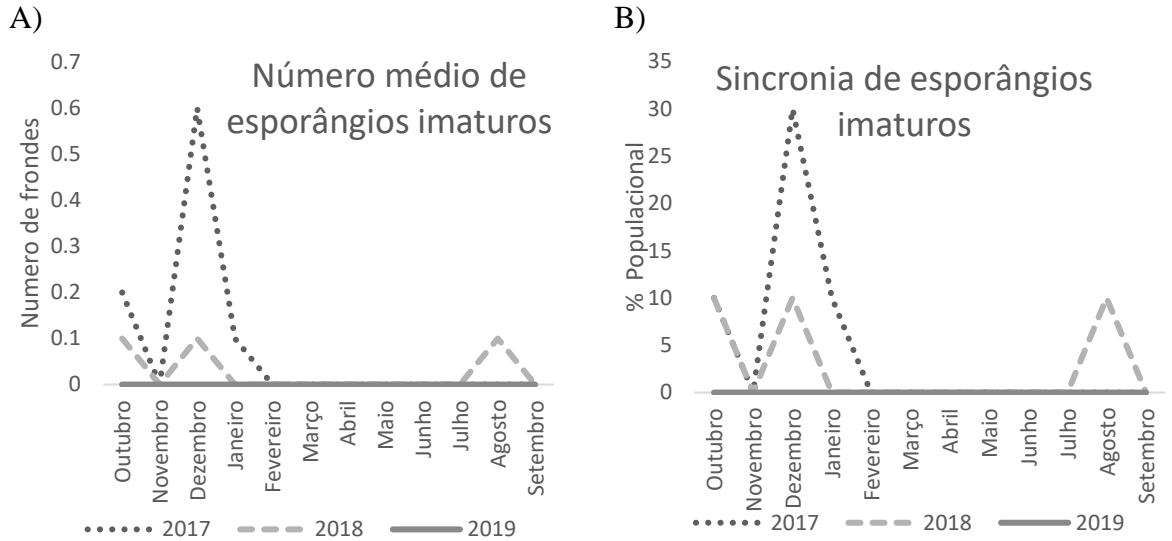


Figura 14: Produção individual de frondes com esporângios imaturos para *A. setosa* em números médios (A) com respectiva sincronia (B), na Floresta Nacional de Irati – PR.

Para a fenofase esporângios fechados (Figura 15) houve maior intensidade em setembro e outubro, e também entre dezembro e janeiro, mas não foi o suficiente para obter sincronia. Também não houve sincronia para a fenofase liberando esporos (Figura 16).

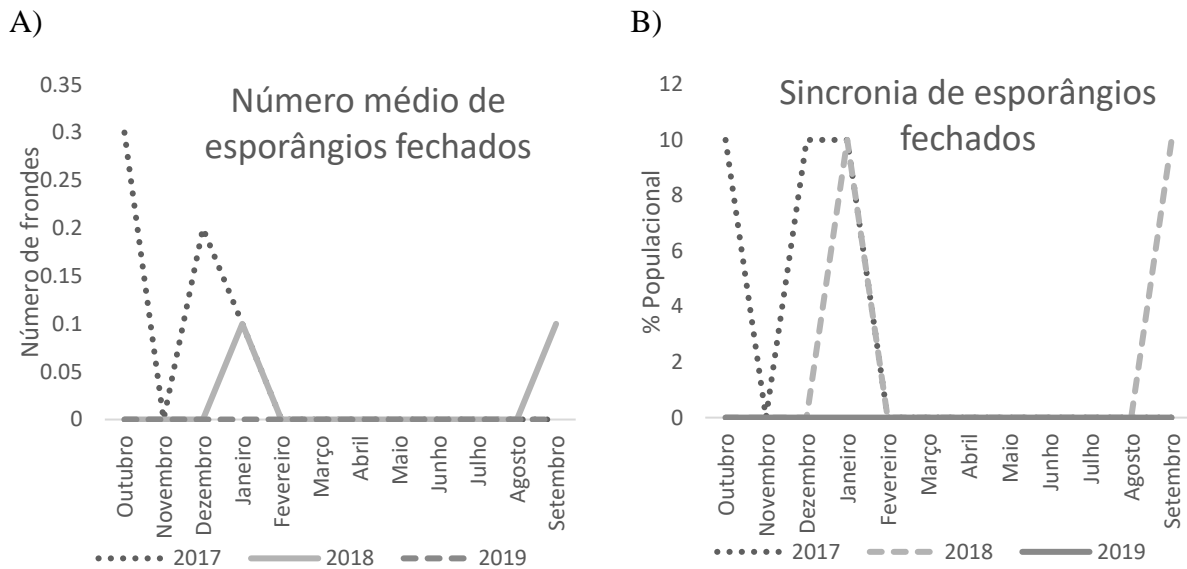


Figura 15: Frondes com esporângios fechados em *A. setosa* em números médios (A) com respectiva sincronia (B), na Floresta Nacional de Irati – PR.

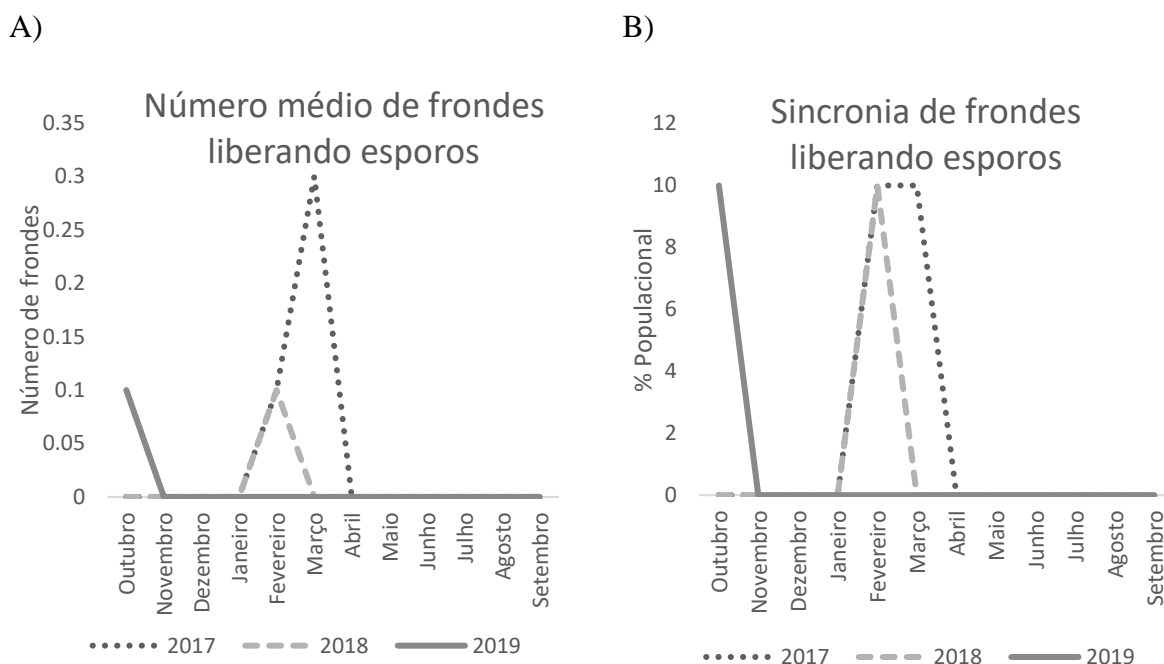


Figura 16: Produção individual de frondes liberando esporos de *A. setosa* em números médios (A) com respectiva sincronia (B), na Floresta Nacional de Irati – PR.

Sobre a correlação dos dados anuais (Tabela 6), utilizaram-se os dados de altura já descritos na Tabela 5. Para a produção de frondes, as médias respectivas para 2017, 2018 e 2019 foram de 5,6 frondes, 4,2 frondes e 6,1 frondes.

Tabela 6: Correlação de Spearman para altura total (Ht), incremento em altura total, produção de frondes (Frondes), báculos, frondes maduras, senescentes e férteis para *Alsophila setosa*, na Floresta Nacional de Irati-PR.

Variáveis	Ht (m)			Incremento em Ht (m/ano)		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Incremento em Ht	0,268	0,231	0,135	1	1	1
Frondes	0,438	0,382	0,524	0,556*	0,260	0,558*
Báculos	0,437	0,220	0,763**	0,675*	0,262	0,563*
Maduras	0,432	0,079	0,818**	0,624*	0,675*	0,394
Senescentes	0,406	0,491	0,128	-0,061	0,319	0,265
Férteis	0,406	0,174	0	0,525	0,718**	0

\*\*significativo a 1%. \*significativo a 5%.

Não houve correlação significativa para os três anos. Analisando-se separadamente os anos, constatou-se que para 2017 o incremento em altura total apresentou correlação forte e positiva com a produção de frondes e, por conseguinte, com báculos e frondes maduras. Para o ano de 2018 o incremento em altura apresentou correlação forte e positiva com número de

frondes maduras e férteis. Em 2019, o incremento em altura apresentou correlação forte e positiva com produção de frondes e báculos, enquanto a altura total apresentou correlação muito forte e positiva com número de báculos e frondes maduras.

Durante o trabalho de campo para o inventário em dezembro de 2017, foram observados que mais de 30 indivíduos estavam em fase reprodutiva, sendo que estes tinham altura superior a 2 metros e mais da metade desses tinham altura a 4 m. Levando em consideração que foram amostrados 2847 indivíduos de *A. setosa* no inventário, supõe-se com que um pouco mais de 1% da população estivesse em fase reprodutiva.

Sobre a correlação dos dados mensais (Tabela 7), a única correlação para os três anos é a correlação forte e positiva entre temperatura mínima e número de frondes maduras. Para o número de frondes senescentes, embora nem todos significativos, é notório a correlação negativa com os fatores ambientais, sendo que os dois valores positivos são próximos à zero.

Tabela 7: Correlação de Spearman para temperatura (mínima, média e máxima), precipitação, fotoperíodo, báculos, frondes maduras, senescentes e férteis (imaturos, fechados e liberando) para *Alsophila setosa*, na Floresta Nacional de Irati-PR.

	Ano	Báculos	Maduras	Senescentes	Imaturos	Fechados	Liberando
Temperatura Máxima (°C)	2017	0,138	0,495	-0,564*	0,239	0,202	0,650*
	2018	0,304	0,561*	-0,263	0,139	-0,065	0,218
	2019	0,063	0,350	-0,478	0	0	-0,044
Temperatura Mínima (°C)	2017	0,009	0,558*	-0,417	0,064	0,018	0,650*
	2018	-0,055	0,544*	0,007	-0,195	-0,065	0,306
	2019	0,074	0,538*	-0,380	0,000	0,000	-0,218
Temperatura Média (°C)	2017	0,073	0,551*	-0,494	0,119	0,083	0,650*
	2018	0,101	0,572*	-0,186	-0,084	0	0,306
	2019	0,039	0,497	-0,453	0	0	-0,218
Precipitação (mm)	2017	0,046	0,081	0,025	-0,450	-0,459	0,640*
	2018	0,242	0,740**	-0,386	-0,251	-0,065	0,480
	2019	0,415	0,340	-0,421	0,000	0,000	0,044
Fotoperíodo (horas)	2017	0,257	0,290	-0,641*	0,450	0,413	0,441
	2018	0,367	0,800**	-0,446	-0,084	0,194	0,393
	2019	0,262	0,161	-0,531*	0	0	-0,044

\*\*significativo a 1%. \*significativo a 5%.

#### 2.4.2.2 *Cyathea corcovadensis* (Raddi) Domin

Para os nove indivíduos de *C. corcovadensis* selecionados (Tabela 8), em 2016 havia uma amplitude de 1,88 m para a altura total, permanecendo um valor parecido para os outros anos. Houve crescimento nulo em altura entre um ano e outro, mas não houve crescimento

nulo para o período, sendo que para o incremento em altura para o período houve valor nulo, valor médio de 0,04 m, máximo de 0,09 m, além do desvio padrão de 0,03 m.

Tabela 8: Estatísticas da variável altura total (m) para nove indivíduos de *Cyathea corcovadensis* em amostragem fenológica, na Floresta Nacional de Irati –PR.

Altura (m)	Ano			
	2016	2017	2018	2019
Mínimo	0,03	0,08	0,09	0,10
Médio	0,90	0,93	0,94	0,95
Máximo	1,92	1,92	1,92	1,96
Desvio padrão	0,75	0,73	0,73	0,74

Na fenologia vegetativa foram avaliados os báculos, as frondes maduras e senescentes. Para a produção de báculos (Figura 17) há maior intensidade nos meses de outubro e novembro com sincronia alta (maior que 70%). Há também maior presença de báculos nos meses de janeiro e fevereiro, porém com pouca sincronia.

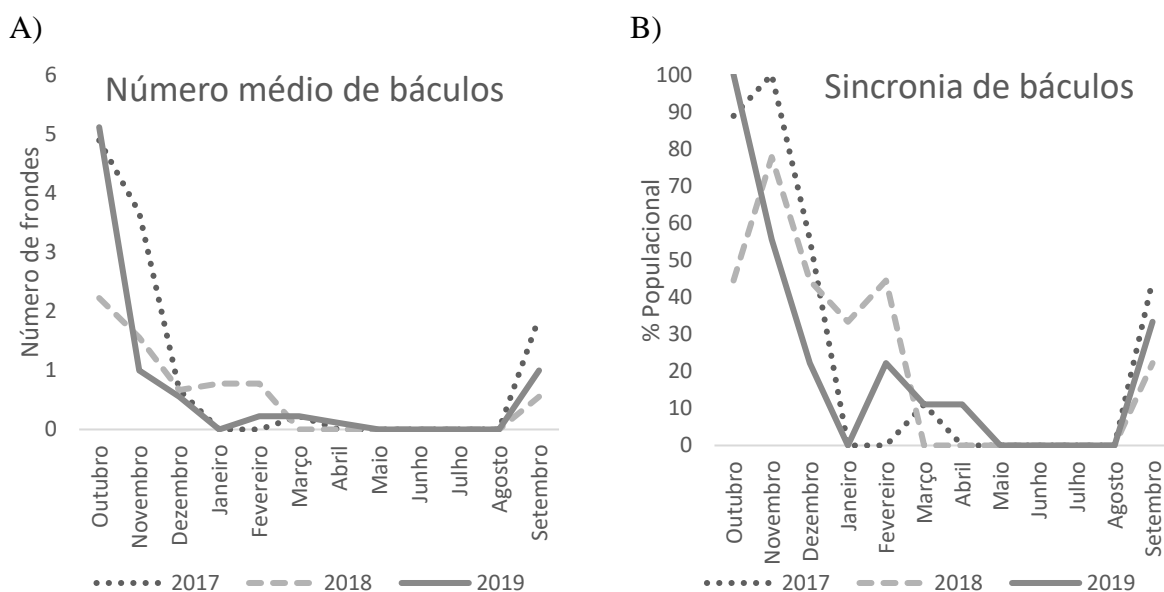


Figura 17: Produção individual de báculos para *C. corcovadensis* em números médios (A) com respectiva sincronia (B), na Floresta Nacional de Irati – PR.

Sobre a produção de frondes maduras (Figura 18), diferentemente de *A. setosa*, houve alta sincronia em todos os 36 meses de observação. Houve, em números médios, maior intensidade nos meses de novembro e dezembro em resposta ao desenvolvimento dos báculos. Também houve, curiosamente, aumento na produção em julho de 2019, porque ocorreu o fato isolado de alguns báculos se expandirem completamente em menos de 30 dias.



Para a produção de frondes senescentes (Figura 19), o mês de outubro de 2016 foi o mês com menor sincronia (77,77%), mas ainda assim com uma sincronia alta. Em números médios, houve maior intensidade nos meses de agosto e setembro, em especial do ano de 2019, em resposta às temperaturas muito baixas (geadas fortes).

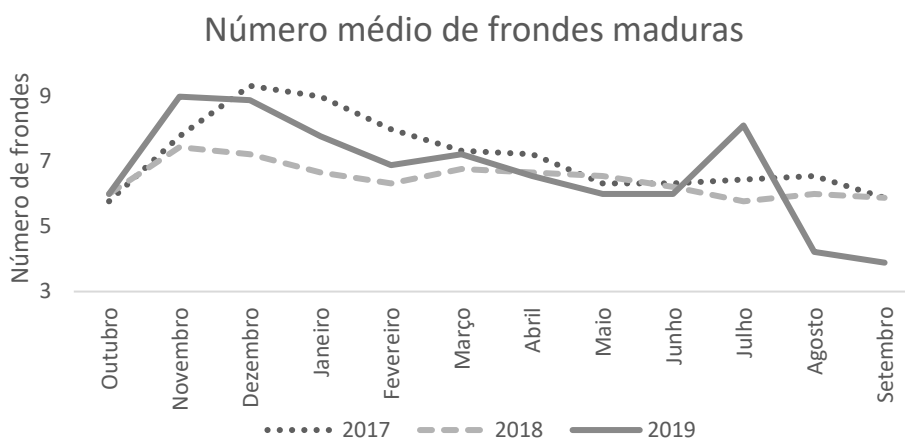


Figura 18: Produção individual de frondes maduras para *C. corcovadensis* em números médios, na Floresta Nacional de Irati – PR.

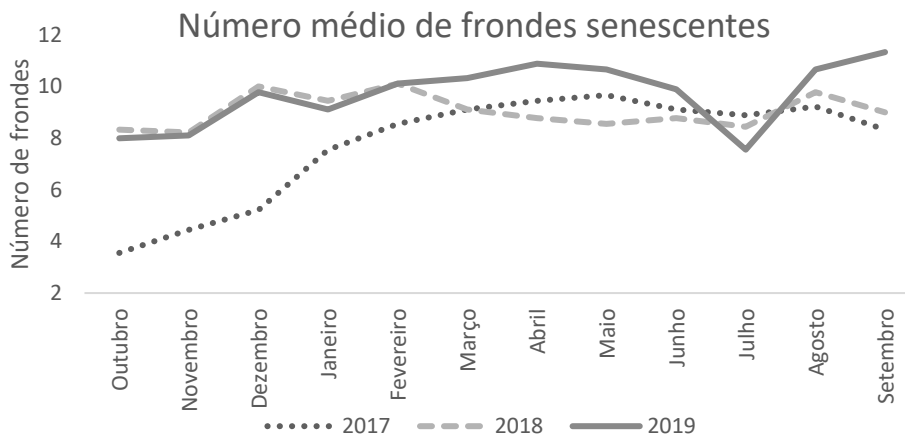


Figura 19: Produção individual de frondes senescentes para *C. corcovadensis* em números médios, na Floresta Nacional de Irati – PR.

Diante dos resultados da fenologia vegetativa no período de 2016 a 2019 e imaginando que frondes maduras sejam coletadas para fins comerciais, sugere-se que a colheita seja feita no final do inverno, antes do início do desenvolvimento dos báculos, evitando que os mesmos possam ser prejudicados de alguma maneira durante a colheita.

Para a fenologia reprodutiva foram observadas quantas frondes possuíam esporângios imaturos, esporângios fechados e liberando esporos. Para a produção de esporângios imaturos (Figura 20), nota-se maior atividade nos meses de novembro e

dezembro, podendo se estender até fevereiro, com pouca sincronia. Mesmo em julho de 2017 havendo maior sincronia, ainda assim é considerado pouco sincrônico.

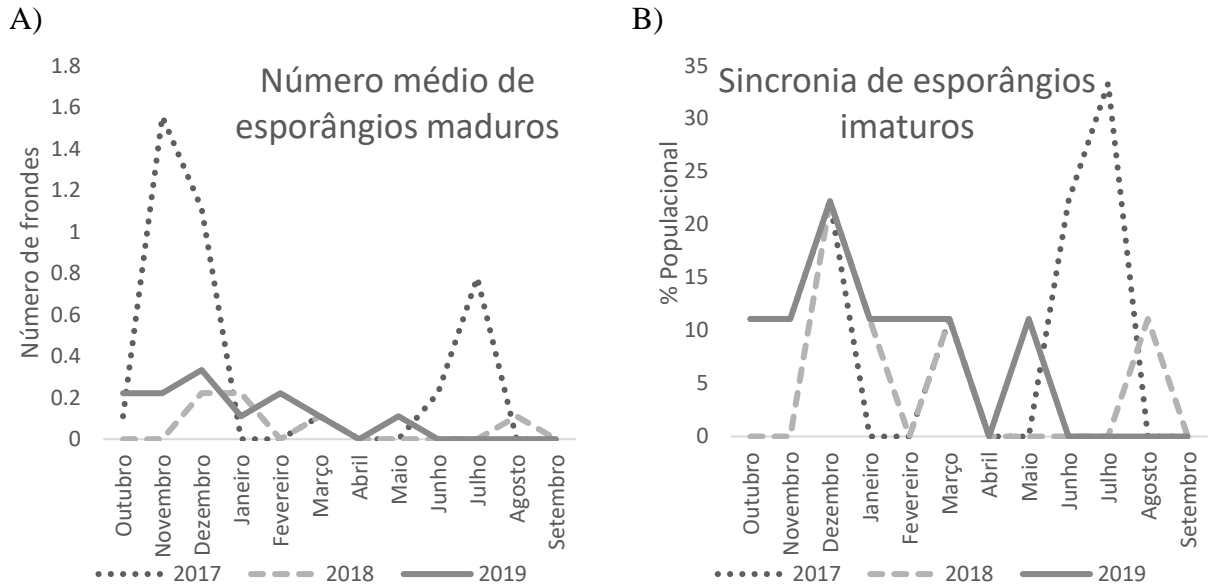


Figura 20: Produção individual de frondes com esporângios imaturos em *C. corcovadensis* em números médios (A) com respectiva sincronia (B), na Floresta Nacional de Irati – PR.

Para a presença de esporângios fechados (Figura 21), para os três anos houve uma intensidade maior variando entre os meses de outubro a janeiro, mas com pouca sincronia. Mesmo havendo mais picos no ano de 2017, estes foram com pouca sincronia.

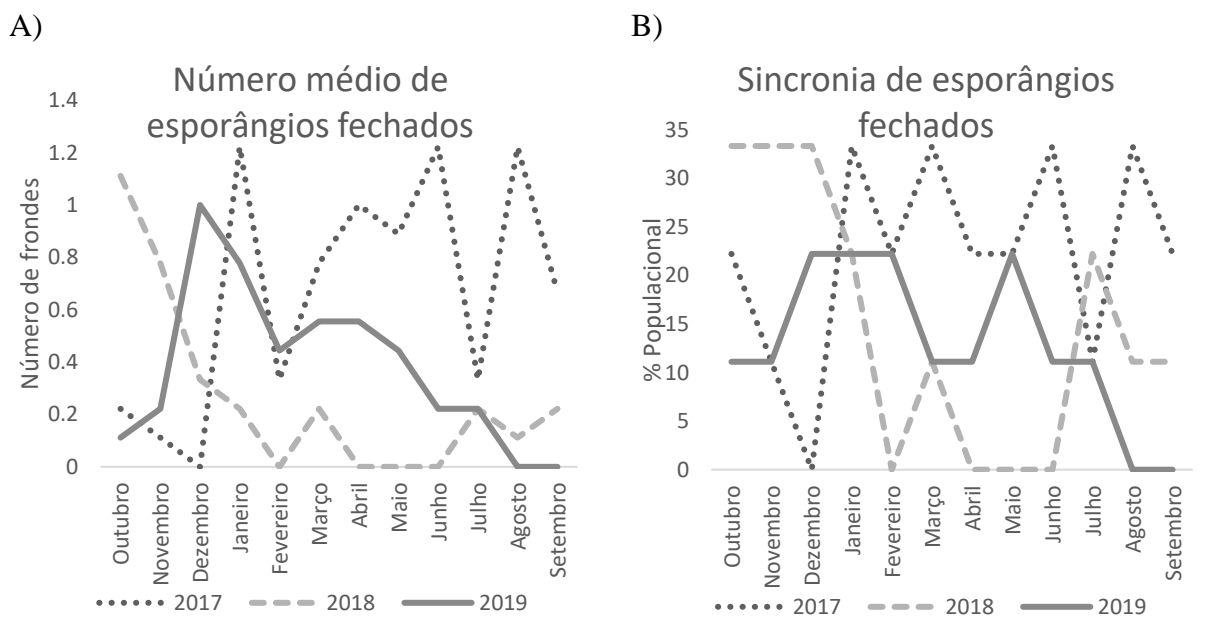


Figura 21: Frondes com esporângios fechados em *C. corcovadensis* em números médios (A) com respectiva sincronia (B), na Floresta Nacional de Irati – PR.

Sobre a fenofase em que se liberam os esporos (Figura 22), percebe-se que o pico pode variar entre novembro e fevereiro, podendo haver um segundo pico em junho e julho, mas ambas com pouca sincronia.

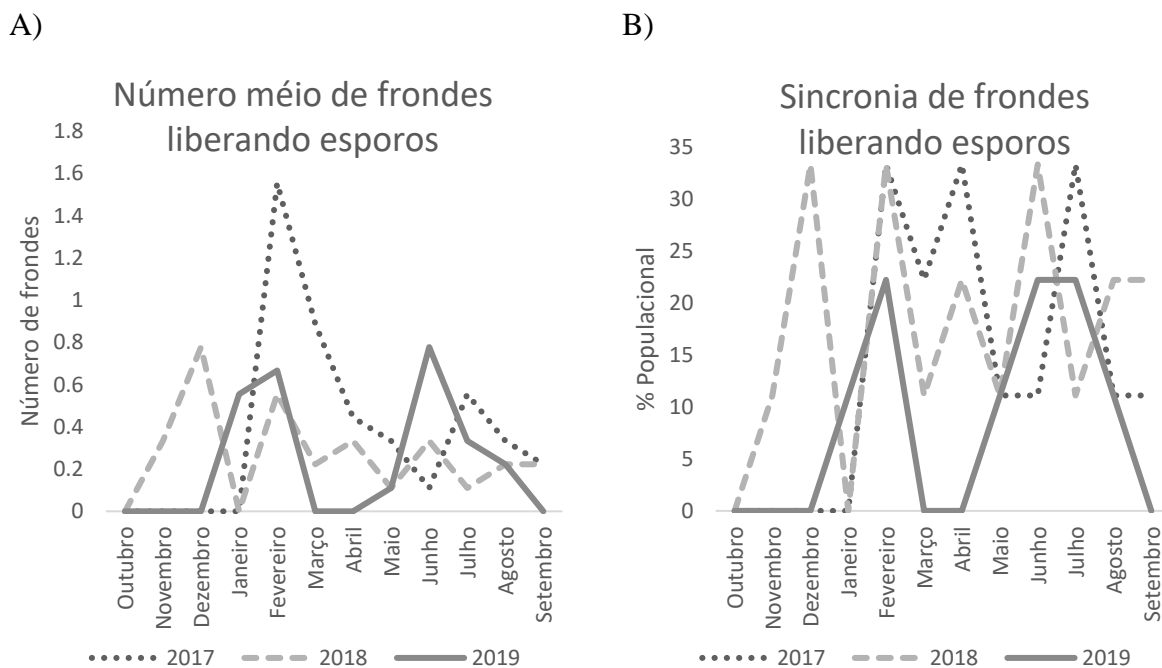


Figura 22: Produção individual de frondes liberando esporos em *C. corcovadensis* em números médios (A) com respectiva sincronia (B), na Floresta Nacional de Irati – PR.

Neumann, Schneider e Schmitt (2014) ao estudar *C. corcovadensis* no município de Três Cachoeiras (RS) em fragmento de Floresta Ombrófila Densa, relataram que os báculos são produzidos entre novembro e março, as frondes maduras permaneceram estáveis, as senescentes tiveram maior intensidade no mês de janeiro e as frondes férteis se mantiveram estáveis durante o ano fenológico de agosto de 2008 a julho de 2009. Diferente do presente estudo, os autores utilizaram o teste Z para avaliar a sincronia e dentro desta escala, houve pouca sincronia para os eventos já citados. Os resultados de Neumann, Schneider e Schmitt (2014) diferem do presente estudo quanto ao período da intensidade da fenofase, mas as taxas de sincronia indicam pouca sincronia, com exceção para fenofase de desenvolvimento dos báculos, em que no presente estudo foi considerada alta sincronia. O fato de os estudos serem realizados em tipologias florestais distintas justifica as diferenças, sendo que tipologias florestais distintas oferecem condições ambientais distintas.

Sobre a correlação dos dados anuais (Tabela 9), utilizaram-se os dados de altura descritos na Tabela 8. Para a produção de frondes, as médias foram de 6,8 frondes, 4,8 frondes e 6,2 frondes respectivamente para 2017, 2018 e 2019. É possível notar que não houve correlações significativas para o triênio.

Tabela 9: Valores da correlação de Spearman para altura total (Ht), incremento em altura total, produção de frondes (frondes), báculos, frondes maduras, senescentes e férteis para *Cyathea corcovadensis*, na Floresta Nacional de Irati-PR.

Variáveis	Ht (m)			Incremento em Ht (m/ano)		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Incremento em Ht	-0,694*	-0,229	0,522	1	1	1
Fronde	-0,092	-0,017	0,060	0,133	-0,552	-0,430
Báculos	-0,209	0,109	-0,139	0,106	-0,345	-0,389
Maduras	-0,233	-0,217	-0,126	0,316	-0,438	-0,524
Senescentes	0,400	0,200	0,183	-0,351	0,169	-0,242
Férteis	-0,146	-0,052	-0,020	0,404	-0,084	-0,011

\*\*significativo a 1%. \*significativo a 5%.

Sobre os dados mensais (Tabela 10), a única correlação existente no triênio foi entre o número de frondes maduras e o fotoperíodo, consideradas entre forte e muito forte.

Tabela 10: Correlação de Spearman para temperatura (mínima, média e máxima), precipitação, fotoperíodo, báculos, frondes maduras, senescentes e férteis (imaturas, fechados e liberando) para *Cyathea corcovadensis*, na Floresta Nacional de Irati-PR.

	Ano	Báculos	Maduras	Senescentes	Imaturas	Fechados	Liberando
Temperatura Máxima (°C)	2017	0,086	0,683**	-0,144	0,334	-0,127	0,111
	2018	0,434	0,393	0,046	0,067	-0,037	-0,096
	2019	0,044	0,514*	-0,140	0,574*	0,861**	0,022
Temperatura Mínima (°C)	2017	-0,078	0,676**	-0,004	0,196	-0,004	0,210
	2018	0,116	0,611*	0,287	0,251	-0,296	0,103
	2019	-0,011	0,401	0,102	0,412	0,704**	0,045
Temperatura Média (°C)	2017	-0,062	0,669**	-0,032	0,238	-0,032	0,185
	2018	0,269	0,568*	0,287	0,251	-0,155	0,093
	2019	-0,022	0,479	-0,007	0,479	0,757**	0,116
Precipitação (mm)	2017	-0,218	0,231	0,028	-0,096	0	0,499*
	2018	0,490	0,582*	0,144	0,025	0,137	0,488
	2019	0,153	0,332	-0,284	0,317	-0,131	0,069
Fotoperíodo (horas)	2017	0,148	0,750**	-0,385	0,367	-0,205	-0,153
	2018	0,553*	0,726**	0,427	0,443	0,118	0,242
	2019	0,306	0,507*	-0,095	0,707**	0,682**	-0,119

\*\*significativo a 1%. \*significativo a 5%.

Neumann, Schneider e Schmitt (2014) encontraram correlação forte do fotoperíodo com a produção de báculos, a senescência e o número de frondes férteis; da mesma maneira também encontraram correlação forte da temperatura com os mesmos eventos fenológicos; já a precipitação não apresentou significância. No presente estudo, a temperatura apresentou correlação significativa para dois anos do triênio, vindo a parcialmente corroborar com os dados desses autores.

#### 2.4.2.3 *Cyathea phalerata* Mart

Para os dez indivíduos de *C. phalerata* selecionados (Tabela 11), em 2016 havia uma amplitude de 3,39 m, terminando o triênio com uma amplitude de 3,69 m. Houve crescimento nulo em altura entre um ano e outro, mas não houve crescimento nulo para o período, sendo que para o incremento em altura teve valores mínimo de 0,15 m, médio de 0,55 m, máximo de 1,14 m, além do desvio padrão de 0,35 m.

Tabela 11: Estatísticas da variável altura total (m) para 10 indivíduos de *Cyathea phalerata* em amostragem fenológica, na Floresta Nacional de Irati –PR.

Altura (m)	Ano			
	2016	2017	2018	2019
Mínimo	1,06	1,22	1,23	1,26
Médio	2,76	2,96	3,07	3,31
Máximo	4,45	4,45	4,53	4,95
Desvio padrão	1,19	1,18	1,25	1,39

Sobre a fenologia vegetativa (báculos, frondes maduras e senescentes), é possível notar que para o desenvolvimento dos báculos (Figura 23) que o período de maior intensidade corresponde aos meses de setembro a novembro com alta sincronia e um segundo período com menor intensidade, mas com alta sincronia no mês de fevereiro.

Para as frondes maduras (Figura 24), percebe-se um declínio na média para o período do inverno, em especial para o ano de 2019 que houve sincronia menor que 40 % (pouco sincrônico) em resposta as geadas fortes.

Como se espera para a produção de frondes senescentes (Figura 25) houve um aumento na média durante os meses de inverno. Para os 36 meses observados, a menor sincronia foi de 80 % (alta sincronia).

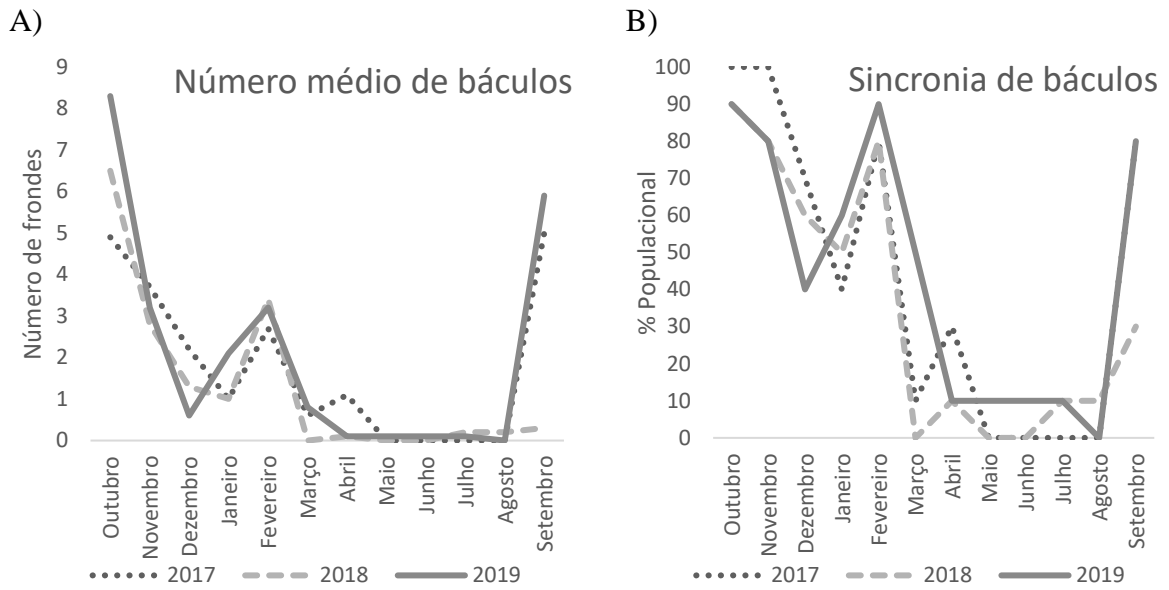


Figura 23: Produção individual de báculos para *C. phalerata* em números médios (A) com respectiva sincronia (B), na Floresta Nacional de Irati – PR.

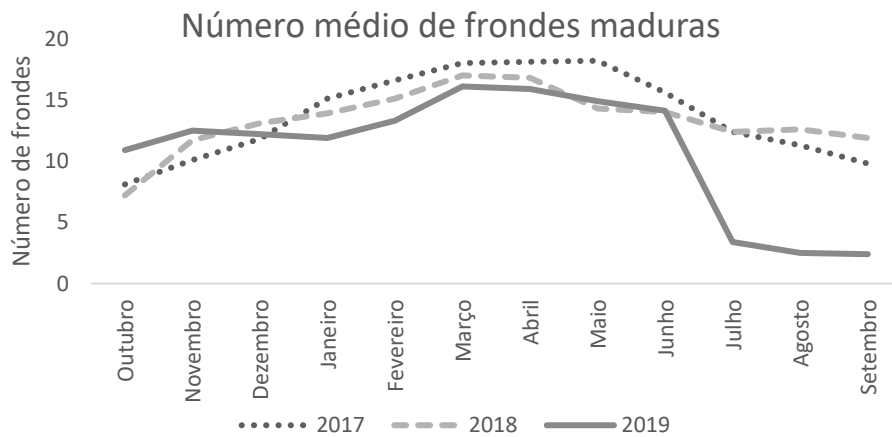


Figura 24: Produção individual de frondes maduras para *C. phalerata* em números médios, na Floresta Nacional de Irati – PR.

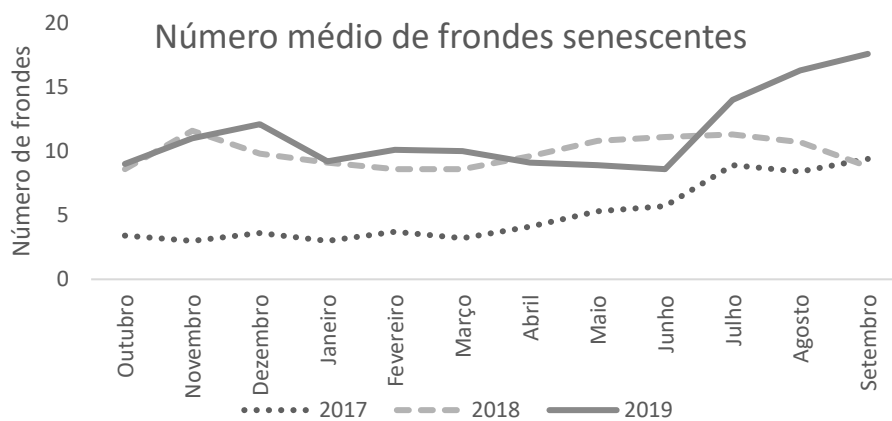


Figura 25: Produção individual de frondes senescentes para *C. phalerata* em números médios, na Floresta Nacional de Irati – PR.

Diante dos dados da fenologia vegetativa e imaginando que frondes maduras sejam coletadas para fins comerciais, sugere-se que a colheita seja feita no final do inverno, mais exatamente antes do início do desenvolvimento dos báculos, evitando que os mesmos possam ser prejudicados de alguma maneira durante a colheita.

Sobre a fenologia reprodutiva, para a fenofase dos esporângios imaturos (Figura 26) observou-se um pico com maior intensidade nos meses de novembro e dezembro e alta sincronia, acompanhado de um segundo pico com menor intensidade nos meses de fevereiro e março com pouca sincronia.

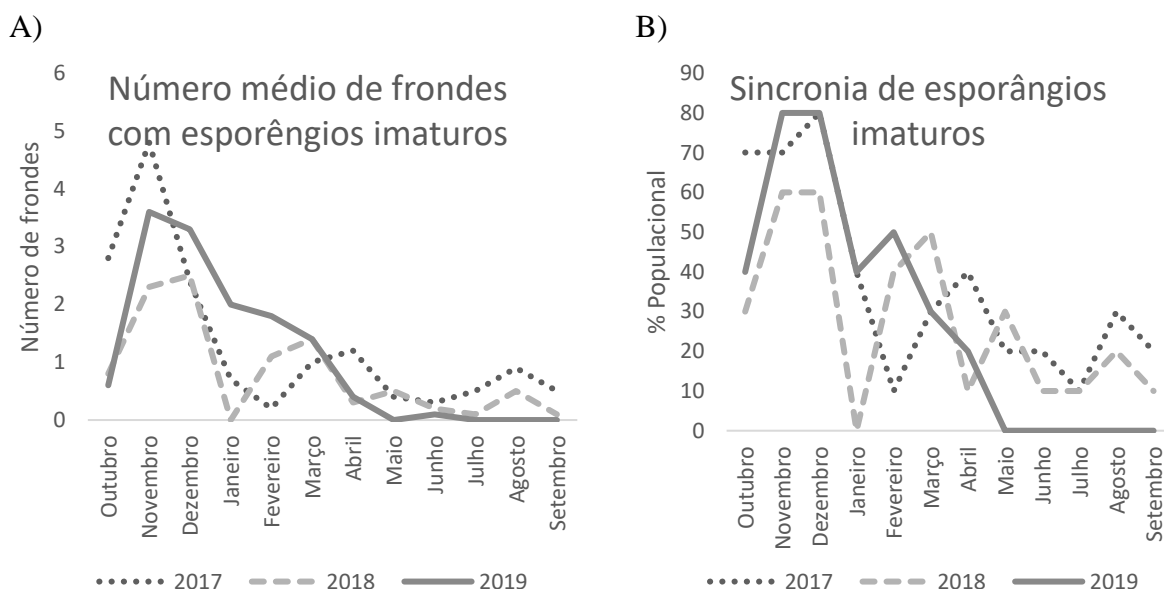


Figura 26: Produção individual de frondes com esporângios imaturos em *C. phalerata* em números médios (A) com respectiva sincronia (B), na Floresta Nacional de Irati – PR.

Para a fenofase das frondes com esporângios fechados (Figura 27), percebeu-se um pico entre os meses de janeiro e março com alta sincronia, bem como outros picos com menor intensidade, porém com sincronia alta. Para a liberação dos esporos (Figura 28), notou-se uma maior intensidade nos meses de fevereiro e também de junho, com sincronia alta para os dois períodos.

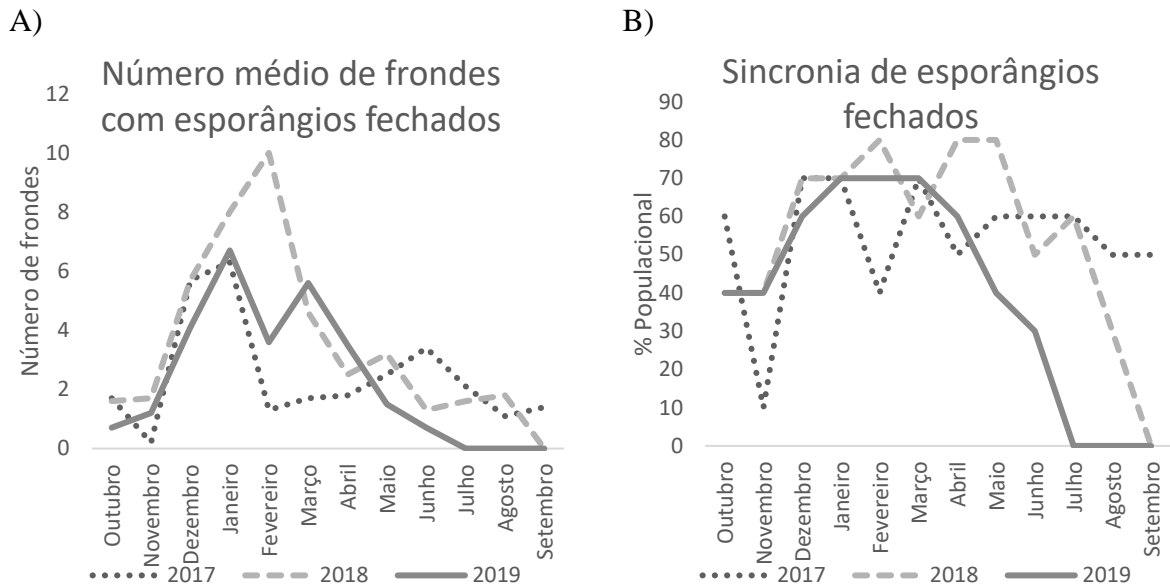


Figura 27: Produção individual de frondes esporângios fechados em *C. phalerata* em números médios (A) com respectiva sincronia (B), na Floresta Nacional de Irati – PR.

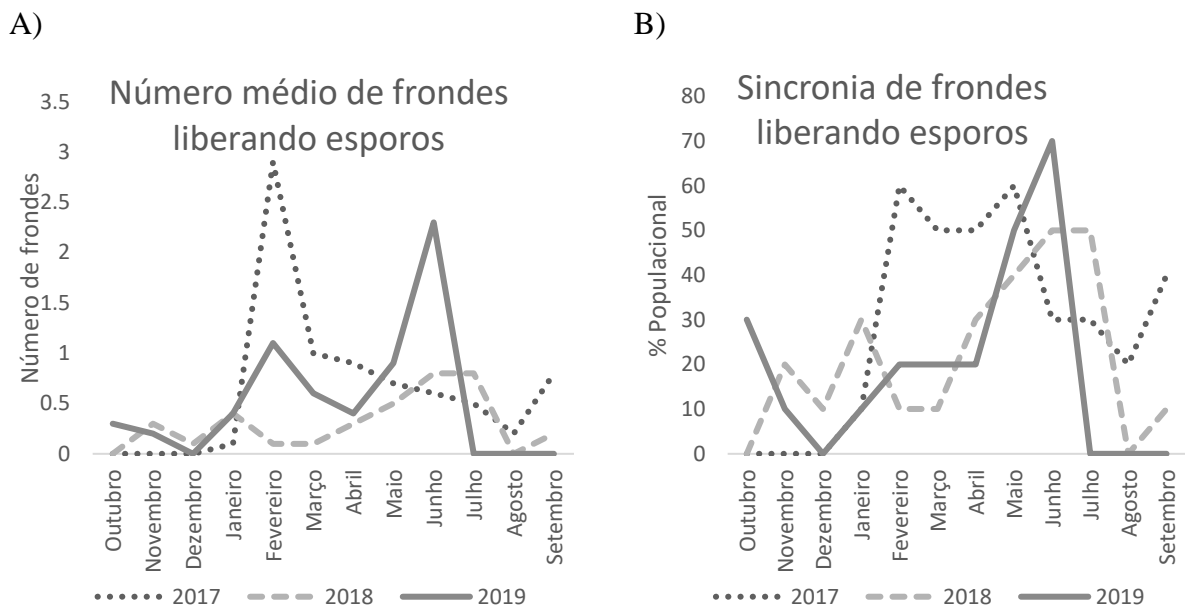


Figura 28: Produção individual de frondes liberando esporos em *C. phalerata* em números médios (A) com respectiva sincronia (B), na Floresta Nacional de Irati – PR.

Neumann, Schneider e Schmitt (2014) ao estudar *C. corcovadensis* no município de Três Cachoeiras (RS) em fragmento de Floresta Ombrófila Densa, relataram que os báculos são produzidos entre os meses novembro e março, as frondes maduras permaneceram estáveis, as senescentes tiveram maior intensidade no mês de janeiro e as frondes férteis se mantiveram estáveis durante o ano fenológico de agosto de 2008 a julho de 2009. Os autores utilizaram o teste Z para avaliar a sincronia e dentro desta escala, houve pouca sincronia para



os eventos já citados. Os resultados de Neumann, Schneider e Schmitt (2014) diferem do presente estudo quanto ao período da intensidade da fenofase e também quanto a sincronia, que no presente estudo foi alta. O fato dos estudos serem realizados em tipologias florestais distintas, com espécies distintas, pode justificar as diferenças.

Para a correlação com os dados anuais (Tabela 12) utilizou-se os dados referentes à altura total (Tabela 11). A produção média anual por indivíduo foi de 15,4, 13,7 e 14,7 frondes, respectivamente para os anos de 2017, 2018 e 2019.

Para o triênio houve correlação forte a muito forte da altura total com a produção de frondes, número de báculos e frondes maduras. De fato, os indivíduos mais altos eram os mais frondosos.

Tabela 12: Valores da correlação de Spearman para altura total (Ht), incremento em altura total, produção de frondes (Frondes), báculos, frondes maduras, senescentes e férteis para *Cyathea phalerata*, na Floresta Nacional de Irati-PR.

Variáveis	Ht (m)			Incremento em Ht (m/ano)		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Incremento em Ht	-0,042	0,742**	0,677*	1	1	1
Frondes	0,915**	0,793**	0,726**	0,299	0,823**	0,644*
Báculos	0,903**	0,608*	0,839**	0,042	0,640*	0,547
Maduras	0,879**	0,818**	0,695*	0,115	0,748**	0,620*
Senescentes	-0,042	-0,248	0,534	0,091	-0,122	0,673*
Férteis	0,353	0,610*	0,758**	0,207	0,379	0,529

\*\*significativo a 1%. \*significativo a 5%.

Sobre a correlação dos dados mensais (Tabela 13) é notória a correlação forte para o triênio das frondes maduras com a temperatura (mínima e média) e fotoperíodo, sugerindo que existe um ponto de equilíbrio entre temperatura e fotoperíodo, provavelmente no outono. Embora não significativas todas as correlações feitas com a fenofase e esporângios imaturos são negativas ou próximas a zero, quando positivas.

Neumann, Schneider e Schmitt (2014) encontraram correlação forte do fotoperíodo com a produção de báculos, a senescência e o número de frondes férteis. Da mesma maneira também encontraram correlação forte da temperatura com os mesmos eventos fenológicos, já a precipitação não apresentou significância. O fato de se tratar de espécies diferentes pode justificar as diferenças com os dados desses autores.

Tabela 13: Correlação de Spearman para temperatura (mínima, média e máxima), precipitação, fotoperíodo, báculos, frondes maduras, senescentes e férteis (imaturos, fechados e liberando) para *Cyathea phalerata*, na Floresta Nacional de Irati-PR.

	Ano	Báculos	Maduras	Senescentes	Imaturos	Fechados	Liberando
Temperatura Máxima (°C)	2017	0,073	0,666**	-0,564*	-0,281	-0,215	-0,092
	2018	0,176	0,333	-0,140	-0,349	0	0,101
	2019	-0,187	0,746**	0,123	0,008	-0,546*	-0,254
Temperatura Mínima (°C)	2017	-0,058	0,676**	-0,427	-0,476	-0,422	-0,239
	2018	-0,146	0,739**	-0,228	-0,615*	-0,413	-0,030
	2019	-0,221	0,799**	0,284	0	-0,598*	-0,384
Temperatura Média (°C)	2017	-0,044	0,634*	-0,494	-0,483	-0,410	-0,257
	2018	0,015	0,662**	-0,245	-0,532*	-0,250	0,071
	2019	-0,258	0,816**	0,210	0,039	-0,640*	-0,392
Precipitação (mm)	2017	0,139	0,312	0,070	-0,608*	-0,598*	-0,431
	2018	0,225	0,648*	-0,578*	-0,239	0	0,496
	2019	0,254	0,412	0,237	0,039	-0,440	-0,116
Fotoperíodo (horas)	2017	0,139	0,743**	-0,669**	-0,148	-0,063	0,009
	2018	0,206	0,792**	-0,427	-0,514*	-0,023	0,549*
	2019	0,029	0,788**	0,091	-0,164	-0,666**	-0,007

\*\*significativo a 1%. \*significativo a 5%.

#### 2.4.2.4 *Dicksonia sellowiana* (Pres.) Hook.

Para os dez indivíduos de *D. sellowiana* selecionados (Tabela 14), em 2016, constatou-se uma amplitude de 3,9 m, terminando o triênio com uma amplitude de 4,03 m. Houve crescimento nulo em altura entre um ano e outro, mas não houve crescimento nulo para o período, sendo que para o incremento em altura teve valores mínimo de 0,07 m, médio de 0,19 m, máximo de 0,32 m, além do desvio padrão de 0,08 m.

Tabela 14: Valores mínimo, médio, máximo e desvio padrão para 10 indivíduos de *D. sellowiana* em amostragem fenológica, na Floresta Nacional de Irati –PR.

Altura (m)	Ano			
	2016	2017	2018	2019
Mínimo	0,50	0,57	0,57	0,58
Médio	2,45	2,56	2,59	2,64
Máximo	4,40	4,46	4,55	4,55
Desvio padrão	1,35	1,38	1,40	1,40

Sobre a fenologia vegetativa, para o desenvolvimento dos báculos (Figura 29) houve maior intensidade nos meses de setembro a dezembro com alta sincronia. Também há um

segundo pico com menor intensidade em fevereiro com assincronia, quando desconsiderado o ano de 2018.

Já para as frondes maduras (Figura 30) tem-se uma diminuição da intensidade nos meses de julho a setembro. Para as frondes senescentes (Figura 31) apesar do aumento (pequeno) nos meses de julho a setembro, a média se mantém estável, aparentemente. Em campo foi observado que as frondes senescentes de *D. sellowiana* despedaçam-se com mais facilidade que as frondes de Cyatheaceae, em especial as frondes de *C. phalerata*, fato que possivelmente justifica essa estabilidade.

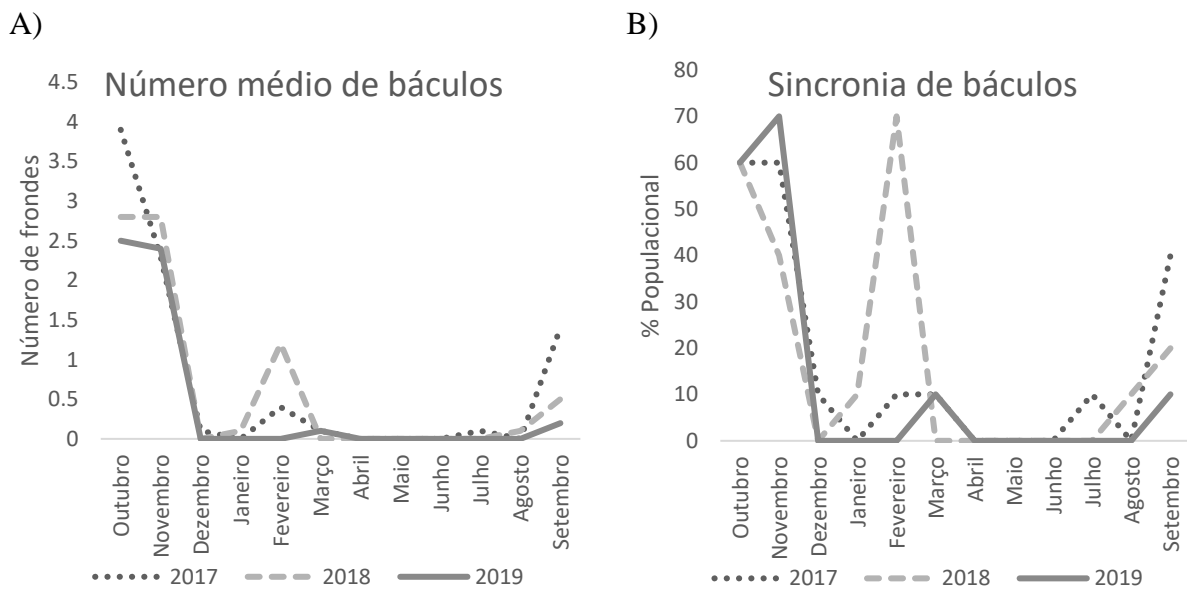


Figura 29: Produção individual de báculos para *D. sellowiana* em números médios (A) com respectiva sincronia (B), na Floresta Nacional de Irati – PR.

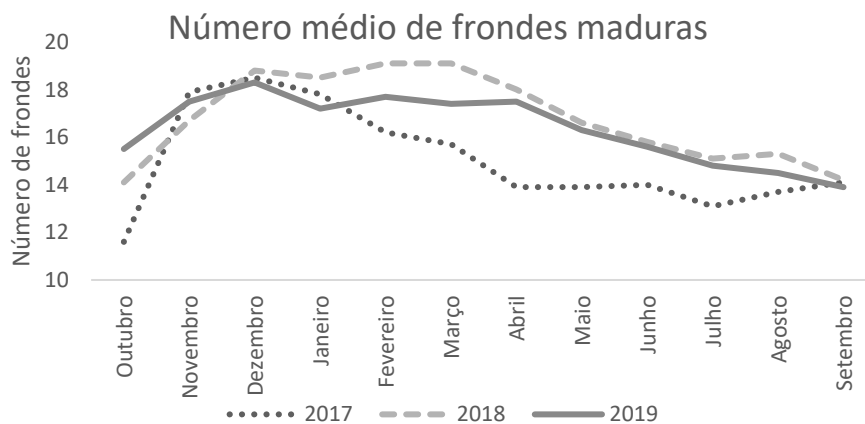


Figura 30: Produção individual de frondes maduras para *D. sellowiana* em números médios, na Floresta Nacional de Irati – PR.

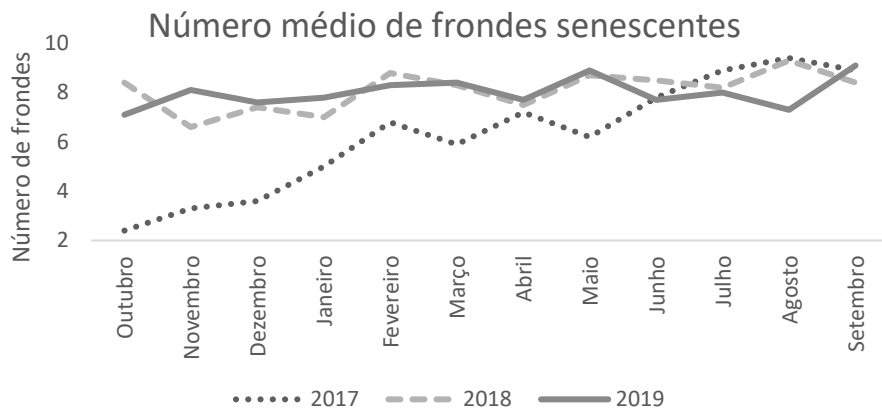


Figura 31: Produção individual de frondes senescentes para *D. sellowiana* em números médios, na Floresta Nacional de Irati – PR.

Diante dos dados da fenologia vegetativa e, imaginando que frondes maduras sejam coletadas para fins comerciais, sugere-se que a colheita seja feita no final do inverno, mais exatamente antes do início do desenvolvimento dos báculos, evitando que os mesmos possam ser prejudicados de alguma maneira durante a colheita.

Para a fenologia reprodutiva, nota-se que para a fenofase de esporângios imaturos (Figura 32), os períodos de maior intensidade não coincidiram dentro do triênio, além do fato que expressaram pouca sincronia.

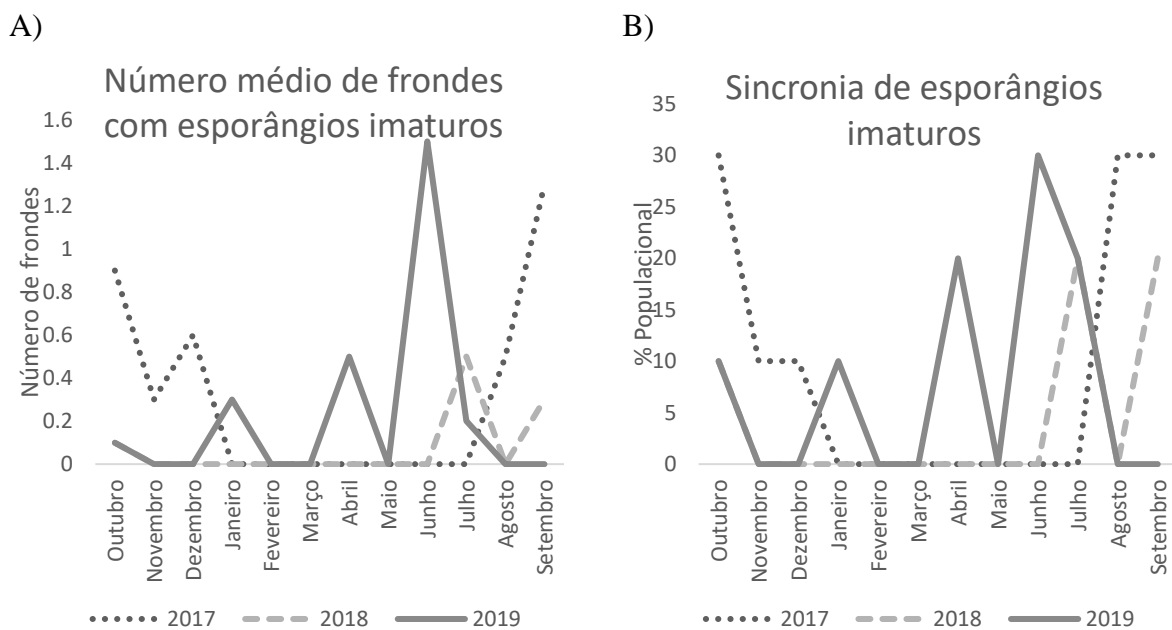


Figura 32: Produção individual de frondes com esporângios imaturos em *D. sellowiana* em números médios (A) com respectiva sincronia (B), na Floresta Nacional de Irati – PR.

Para a fenofase de esporângios fechados (Figura 33), os picos de intensidade tenderam a ser entre os meses de outubro e dezembro, com sincronia baixa. Já para a fenofase que há a liberação de esporos (Figura 34), o pico tendeu a ser de novembro a dezembro (pouca sincronia).

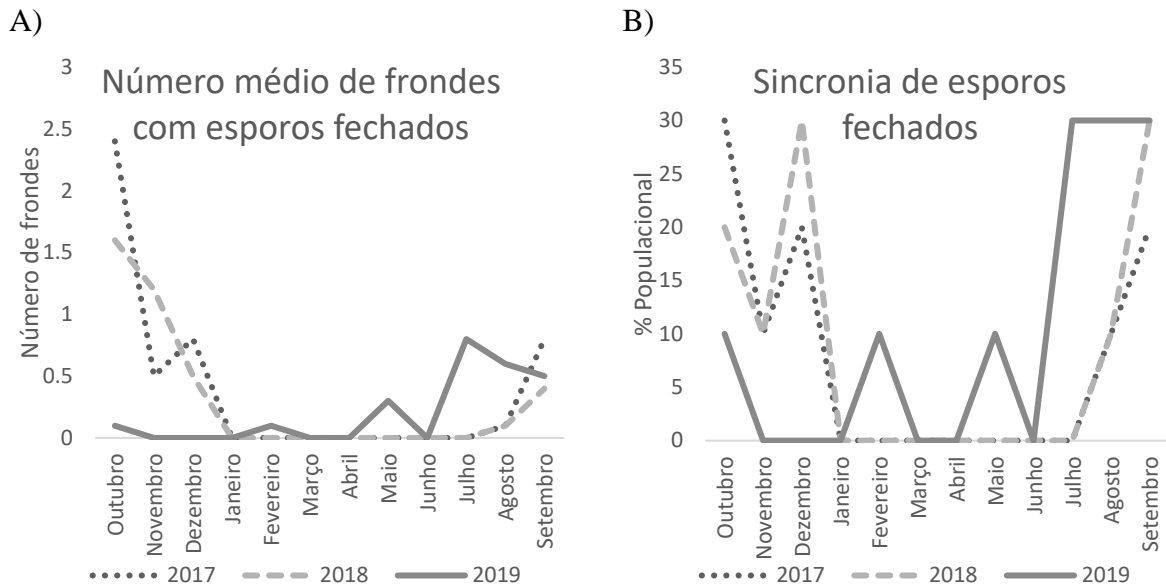


Figura 33: Produção individual de frondes com esporângios fechados em *D. sellowiana* em números médios (A) com respectiva sincronia (B), na Floresta Nacional de Irati – PR.

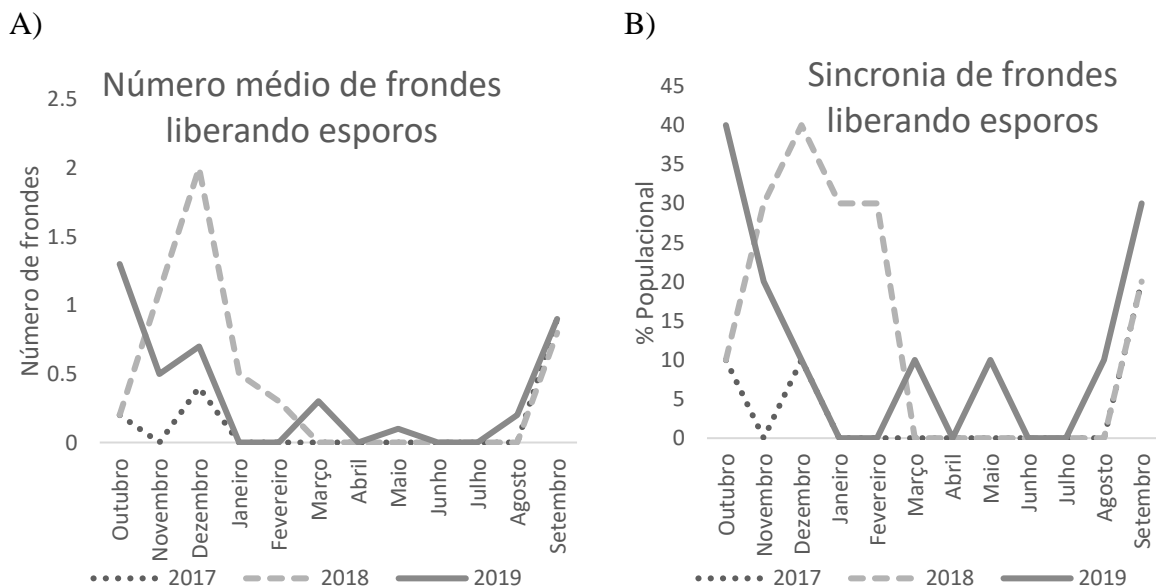


Figura 34: Produção individual de frondes liberando esporos em *D. sellowiana* em números médios (A) com respectiva sincronia (B), na Floresta Nacional de Irati – PR.

Schmitt, Schneider e Windisch (2009), no município de Morro Reuter (RS), em área de ecótono da Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Mista, relataram que

durante o ano fenológico 2003/2004, os báculos foram observados com maior intensidade nos meses de novembro e março, que as frondes maduras apresentaram estabilidade, as frondes senescentes apresentaram picos nos meses de novembro, fevereiro, abril e julho, refletindo alta sincronia apenas para a produção de báculos em novembro. Os mesmos autores ainda comentaram sobre a fenologia reprodutiva em que o pico de intensidade para os esporângios imaturos ocorre nos meses de dezembro até fevereiro, dos esporângios fechados no mês de abril e a liberação dos esporos entre os meses de maio e junho, mas com pouca sincronia.

Os dados do triênio do presente estudo divergem com os dados de Schmitt, Schneider e Windisch (2009), especialmente da parte reprodutiva. O fato da área de estudo desses autores ser um ecótono e da amplitude térmica ser menor que a área do presente estudo, possivelmente justifica as divergências encontradas.

Para a correlação dos dados anuais (Tabela15) foram utilizados os dados em altura descritos na Tabela14. Sobre a produção anual por indivíduo, tem-se as médias de 11,8, 13,7 e 11,1 frondes, respectivamente para os anos de 2017, 2018, 2019. Constatou-se que não houve correlação significativa entre as variáveis.

Tabela 15: Valores da correlação de Spearman para altura total (Ht), incremento em altura total, produção de frondes (Fronde), báculos, frondes maduras, senescentes e férteis para *Dicksonia sellowiana*, na Floresta Nacional de Irati-PR.

Variáveis	Ht (m)			Incremento em Ht (m/ano)		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Incremento em Ht	0,426	0,369	0,031	1	1	1
Fronde	-0,049	-0,384	-0,330	0,274	0,403	0,551*
Báculos	-0,439	-0,285	-0,534	0,168	0,185	0,043
Maduras	-0,200	-0,067	-0,152	-0,012	0,601*	0,357
Senescentes	0,358	0,285	-0,539	0,182	0,304	0,399
Férteis	0,535	0,534	0,539	0,158	0,639*	0,401

\*\*significativo a 1%. \*significativo a 5%.

Para a correlação dos dados mensais (Tabela 16), é notória a correlação positiva e forte das frondes maduras com a temperatura (mínima e média) e também, com o fotoperíodo.

Tabela 16: Valores da correlação de Spearman para temperatura (mínima, média e máxima), precipitação, fotoperíodo, báculos, frondes maduras, senescentes e férteis (imaturos, fechados e liberando) para *Dicksonia sellowiana*, na Floresta Nacional de Irati-PR.

	Ano	Báculos	Maduras	Senescentes	Imaturos	Fechados	Liberando
Temperatura Máxima (°C)	2017	0,073	0,666**	-0,564*	-0,280	-0,214	-0,091
	2018	0,176	0,332	-0,140	-0,348	0	0,1007
	2019	-0,187	0,746**	0,122	0,007	-0,546*	-0,253
Temperatura Mínima (°C)	2017	-0,058	0,676**	-0,427	-0,475	-0,422	-0,238
	2018	-0,146	0,739**	-0,227	-0,615*	-0,413	-0,029
	2019	-0,220	0,799**	0,283	0	-0,598*	-0,384
Temperatura Média (°C)	2017	-0,043	0,634*	-0,493	-0,483	-0,410	-0,257
	2018	0,014	0,662**	-0,245	-0,532*	-0,249	0,070
	2019	-0,257	0,816**	0,210	0,038	-0,640*	-0,391
Precipitação (mm)	2017	0,138	0,311	0,070	-0,608*	-0,598*	-0,431
	2018	0,224	0,648*	-0,578*	-0,238	0	0,496
	2019	0,254	0,412	0,236	0,039	-0,440	-0,116
Fotoperíodo (horas)	2017	0,138	0,743**	-0,669**	-0,148	-0,062	0,009
	2018	0,206	0,792**	-0,427	-0,514*	-0,023	0,549*
	2019	0,029	0,788**	0,091	-0,163	-0,666**	-0,007

\*\*significativo a 1%. \*significativo a 5%.

Schmitt, Schneider e Windisch (2009) no município de Morro Reuter (RS) em área de ecótono da Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Mista, relataram que durante o ano fenológico 2003/2004, encontraram correlação positiva e forte da temperatura com a produção de frondes, esporângios imaturos e fechados, sendo que os esporângios imaturos também tem correlação positiva e forte com fotoperíodo, já para a fenofase de liberação dos esporos houve relação negativa e moderada com temperatura e fotoperíodo. Além da área ser um ecótono e da amplitude térmica ser menor que a área do presente estudo, também deve ser considerada a possibilidade da plasticidade fenotípica da espécie, como fatos possíveis para justificar as divergências encontradas.

## 2.5 CONCLUSÃO

A partir dos atributos do solo pode-se afirmar o maior poder discriminante para o número de indivíduos de *C. corcovadensis* (maiores porcentagens de saturação por alumínio e capacidade de troca de cátions) e área basal de *D. sellowiana* (menores porcentagens de silte, magnésio, alumínio, potássio e fósforo). Para as demais espécies houve baixo poder discriminante.

Sobre a fenologia vegetativa, para as quatro espécies de samambaias arborescentes há alta sincronia para a produção de báculos nos meses correspondentes à primavera (setembro a dezembro).

Sobre a fenologia reprodutiva, para *A. setosa* não há sincronia, porém existe correlação entre frondes maduras e temperatura mínima. Para *C. corcovadensis* há pouca sincronia, além de existir correlação das frondes maduras com o fotoperíodo. Para *C. phalerata* há alta sincronia compreendendo os meses de novembro a março e também, existe correlação da altura total com a produção de frondes, números de báculos e de frondes maduras, sendo que as frondes maduras também se correlacionam com a temperatura (mínima e média) e o fotoperíodo. Para *D. sellowiana* não há sincronia, mas existe correlação das frondes maduras com a temperatura (mínima e média) e o fotoperíodo.

Como período de colheita de frondes, sugere-se para as quatro espécies que seja feita no final do período do inverno, antes do surgimento e desenvolvimento dos báculos, podendo ser bianual para diminuir as chances de prejudicar a produção de esporângios. Também sugere-se que sejam realizados estudos para cada formação florestal, porque, as formações florestais distintas possuem condições ambientais distintas, possibilitando que as espécies tenham fenologias distintas.

## REFERÊNCIAS

COSTA, M. P.; PEREIRA, J. A. A.; FONTES, M. A. L.; MELO, P. H. A.; PÍFANO, D. S.; PELLICCIOTTI, A. S.; POMPEU, P. V.; SILVA, R. A. Estrutura e diversidade da comunidade arbórea de uma Floresta Superomontana, no Planalto de Poços de Caldas (MG). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 711-725, out.-dez., 2011.

DAVIS, J. A. **Elementary survey analysis**. Englewood: Prentice-Hall, 1971. 206p.

FERRERA, T. S. **Fenologia Vegetal sua Relação com os Elementos Climáticos**. Publicado em 16/03/2011. Disponível em: <<http://www.crbiodigital.com.br/portal?txt=3077313036>>. Acesso em 31/12/2015.

FERREIRA JÚNIOR, W. G.; SCHAEFER, C. E. G. R.; SILVA, A. F.. Uma visão pedogeomorfológica sobre as formações florestais da Mata Atlântica. In: MARTINS, S. V. (editor) **Ecologia de Florestas Tropicais do Brasil**. 2 ed, Viçosa, Ed. UFV, 2012, 371p.

FIGUEIREDO FILHO, A. Relatório técnico: **Comparação da dinâmica de uma Floresta Ombrófila Mista e uma vegetação arbórea estabelecida sob um plantio de *Araucaria angustifolia* no Centro Sul do estado do Paraná**, 2011, p. 36. Não publicado.

FLOSS, P. A. **Aspectos Ecológicos e Fitossociológicos no Entorno de Nascentes em Formações Florestais do Oeste de Santa Catarina**. Tese (Doutorado em Engenharia



Florestal, Área de Concentração: Silvicultura). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2011, 154p.

GASPAR, C.; PALUDETO, J. G. Z.; LERNER, J.; DIAS, A. N.. Análise da relação entre características edáficas e a presença de *Dicksonia sellowiana* (Pres.) Hook. In: SIEPE – Semana de Integração Ensino, Pesquisa e Extensão, 2017, Irati, Apresentação Oral. Irati: UNICENTRO, outubro/2017.

HIGUCHI, P.; SILVA, A. C.; ALMEIDA, J. A.; BORTOLUZZI, R. L. C.; MANTOVANI, A.; FERREIRA, T. S.; SOUZA, S. T.; GOMES, J. P.; SILVA, K. M.. Florística e estrutura do componente arbóreo e análise ambiental de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Alto-montana no município de Painel, SC. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 1, 2013.

MARIN, F. R. **FENOLOGIA**. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em 31/12/2015.

MAZZIERO, F. F. F. **Distribuição e Diversidade de Samambaias e Licófitas em Formações Geológicas Distintas (Calcário e Filito), no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira, Iporanga, São Paulo**. 2013. 157 p. Dissertação (Mestrado em Botânica). Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2013.

MORELLATO, L. P. C.; LEITÃO-FILHO, H. F. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta de altitude na Serra do Japi. **Revista Brasileira de Biologia**, Jundiaí, v. 50, n. 1, p. 163-173, 1990.

NEUMANN, M. K.; SCHNEIDER, P. H.; SCHMITT, J. L. Phenology, caudex growth and age estimation of *Cyathea corcovadensis* (Raddi) Domin (Cyatheaceae) in a subtropical forest in southern Brazil. **Acta Botanica Brasilica** 28(2): 274-280. 2014.

PRIMAVESI, A.. **O solo tropical - Casos - Perguntando sobre solo**. [on line]. 2009. 116p.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F.; KER, J. C.. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 6 ed. Revista e ampliada, Lavras, Editora UFLA, 2014, 378p.

RODE, R. **Avaliação Florística e Estrutural de uma Floresta Ombrófila Mista e de uma Vegetação Arbórea estabelecida sob um povoamento de *Araucaria angustifolia* de 60 anos**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal pelo Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. 2008. p. 159.

SCHAEFER, C. E. G. R.; MENDONÇA, B. A. F.; FERREIRA JÚNIOR, W. G.; VALENTE, E. L.; CORRÊA, G. R.. Relações solo-vegetação em alguns ambientes brasileiros: Fatores edáficos e florística. In: MARTINS, S. V. (editor) **Ecologia de Florestas Tropicais do Brasil**. 2 ed, Viçosa, Ed. UFV, 2012, 371p.

SCHMITT, J. L.; SCHNEIDER, P. H.; WINDISCH, P. G. Crescimento do cáudice e fenologia de *Dicksonia sellowiana* Hook. (Dicksoniaceae) no sul do Brasil. **Acta bot. bras.** 23(1): 282-291. 2009.

SILVA, F. C. L. **ECOFISIOLOGIA DE CYATHEACEAE (MONILOPHYTA): FENOLOGIA, BANCO DE ESPOROS, ANATOMIA E GERMINAÇÃO**. Tese (Doutorado

em Biologia Vegetal: Ecologia Vegetal) Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2008, 100 p.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Meteorologia e climatologia florestal. Curitiba: Editor, 2004. 195 p.

VALENTIN, J. L. **Ecologia numérica**: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos. 2 ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2012, 168 p.

ZUQUIM, G.; TUOMISTO, H.; COSTA, F. R. C.; PRADO, J.; MAGNUSSON, W. E.; PIMENTEL, T.; BRAGA-NETO, R.; FIGUEIREDO, F. O. G. Broad Scale Distribution of Ferns and Lycophytes along Environmental Gradients in Central and Northern Amazonia, Brazil. **Biotropica** 44:752-762, 2012.

### CAPÍTULO III – FITOSSOCIOLOGIA, ÍNDICES ECOLÓGICOS, DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E DINÂMICA (2014-2017) DE SAMAMBAIAS ARBORESCENTES EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

#### RESUMO

A fitossociologia é uma ciência direcionada para compreender padrões de estruturação das comunidades vegetais, favorecendo na tomada de decisões sobre manejo e conservação. A pesquisa teve como objetivos, descrever a fitossociologia, índices ecológicos, distribuição espacial e a dinâmica de quatro espécies de samambaias arborescentes na Floresta Nacional de Irati, por meio de dados coletados em duas áreas (Áreas 1 e 2). Nas samambaias arborescentes foram mensurados o DAP e altura, além de outras variáveis qualitativas. Para analisar a suficiência amostral foram utilizados os métodos da curva da rarefação, do erro amostral e do “n” amostral mínimo. A fitossociologia foi avaliada pelos índices de densidade, dominância, frequência e valor de importância. Para o epifitismo apenas foi observado presença ou ausência de epífitas sobre cada forófito, da mesma maneira que apenas foi observada a presença e a ausência de raiz adventícia para as três espécies de *Cyatheaceae*. Também foram calculados os índices de diversidade de Shannon-Wiener, equabilidade de Pielou, similaridade de Jaccard e Sorensen. Para analisar a distribuição espacial das samambaias arborescentes, foram utilizados três índices de agregação (Morisita, Payandeh e Hazen). Nos estudos da dinâmica, somente foi possível utilizar dados da Área 1 provenientes das medições realizadas em 2014 e 2017, com os quais, avaliaram-se o crescimento, ingresso e mortalidade em nível de espécie, com resultados para o período (2014-2017) e também anual, para diâmetro, área transversal e altura total. Na Área 1 *A. setosa* apresentou 1539 ind.ha<sup>-1</sup>, área basal de 14,3 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> e maior IVI, *D. sellowiana* teve 82 ind.ha<sup>-1</sup> e 5,41 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> de área basal, *C. corcovadensis* teve 1 ind.ha<sup>-1</sup> e área basal de 0,04 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, *C. phalerata* apresentou 19 ind.ha<sup>-1</sup> e 0,35 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>. Na Área 2 *A. setosa* teve 601 ind.ha<sup>-1</sup>, área basal de 5,23 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> e segundo maior IVI, *D. sellowiana* apresentou 14 ind.ha<sup>-1</sup> e 0,39 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, *C. corcovadensis* teve 4 ind.ha<sup>-1</sup> e 0,08 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, *C. phalerata* apresentou 2 ind.ha<sup>-1</sup> e 0,02 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> de área basal. As epífitas mais presentes nas samambaias arborescentes foram as briófitas, as pteridófitas e as angiospermas não identificadas, para ambas as áreas. Sobre os índices ecológicos, a Área 1 demonstrou maior diversidade. A distribuição espacial das quatro espécies de samambaias arborescentes foi a agregada. Sobre a dinâmica, o percentual de ingressos mais expressivo foi de *Cyathea* spp, bem como para a taxa de mortalidade, havendo mais ingressos que mortalidade. Das estruturas populacionais para os anos de 2014 e 2017, não houve diferenças aparentes de acordo com as classes de altura. *A. setosa* ficou entre as espécies mais importantes para ambas as áreas e *D. sellowiana* apenas na floresta nativa. As epífitas mais presentes nas samambaias arborescentes foram às briófitas. A área de floresta nativa apresentou maior diversidade de espécies. A distribuição espacial das quatro espécies de samambaias arborescentes foi a agregada. O percentual de ingressos mais expressivo foi de *Cyathea* spp, bem como para a taxa de mortalidade, havendo mais ingressos que mortalidades..

**Palavras-chave:** *Alsophila setosa*, *Cyathea* spp, *D. sellowiana*, diversidade, áreas perturbadas.

# PHYTOSOCIOLOGY, ECOLOGICAL INDICES, SPATIAL DISTRIBUTION, DYNAMIC (2014-2017) OF TREES FERNS IN ARAUCARIA FOREST

## ABSTRACT

Phytosociology is a science aimed at understanding the structuring patterns of plant communities, favoring decision-making on management and conservation. The research aimed to describe phytosociology, ecological indexes, spatial distribution and dynamics of four species of tree ferns in the Irati National Forest, using data collected in two areas (Areas 1 and 2). DBH and height were measured in tree ferns, in addition to other qualitative variables. To analyze the sampling sufficiency, the rarefaction curve, sampling error and minimum “n” sample methods were used. Phytosociology was assessed by the density, dominance, frequency and importance value indices. For epiphytism, only the presence or absence of epiphytes was observed on each phorophyte, just as the presence and absence of adventitious roots was observed for the three species of Cyatheaceae. Shannon-Wiener diversity indices, Pielou equability, Jaccard and Sorensen similarity were also calculated. To analyze the spatial distribution of tree ferns, three aggregation indexes were used (Morisita, Payandeh and Hazen). In the dynamics studies, it was only possible to use data from Area 1 from measurements made in 2014 and 2017, with which growth, ingrowth and mortality at the species level were evaluated, with results for the period (2014-2017) and also annual, for diameter, cross-sectional area and total height. In Area 1 *A. setosa* presented 1539 ind.ha<sup>-1</sup>, basal area of 14.3 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> and the largest IVI, *D. sellowiana* had 82 ind.ha<sup>-1</sup> and 5.41 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> in area basal, *Cyathea corcovadensis* had 1 ind.ha<sup>-1</sup> and basal area of 0.04 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, *C. phalerata* presented 19 ind.ha<sup>-1</sup> and 0.35 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>. In Area 2 *A. setosa* had 601 ind.ha<sup>-1</sup>, basal area of 5.23 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> and second largest IVI, *D. sellowiana* presented 14 ind.ha<sup>-1</sup> and 0.39 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, *Cyathea corcovadensis* had 4 ind.ha<sup>-1</sup> and 0.08 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, *C. phalerata* had 2 ind.ha<sup>-1</sup> and 0.02 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> of basal area. The most common epiphytes in tree ferns were bryophytes, pteridophytes and unidentified angiosperms, for both areas. Regarding ecological indexes, Area 1 showed greater diversity. The spatial distribution of the four species of tree ferns was the aggregate. Regarding the dynamics, the most expressive percentage of income was for *Cyathea* spp, as well as for the mortality rate, with more ingrowth than mortality. From population structures for the years 2014 and 2017, there were no apparent differences according to height classes. *A. setosa* was among the most important species for both areas and *D. sellowiana* only in the native forest. The most common epiphytes in tree ferns were bryophytes. The area of native forest showed greater diversity of species. The spatial distribution of the four species of tree ferns was the aggregate. The most expressive percentage of tickets was from *Cyathea* spp, as well as to the mortality rate, with more tickets than dead.

**Keywords:** *Alsophila setosa*, *Cyathea* spp, *D. sellowiana*, diversity, disturbed areas.

### 3.1 INTRODUÇÃO

A fitossociologia é uma ciência direcionada ao estudo de comunidades vegetais, com caráter descritivo e taxonômico, que visa compreender os padrões de estruturação das comunidades vegetais. A existência de levantamentos florísticos tem permitido à compreensão de temas atuais como as taxas de extinção de espécies e a modificação de ecossistemas (GIEHL; BUDKE, 2013).

A ideia de que o ecossistema ou a comunidade vegetal passa por uma série de estágios de desenvolvimento, até atingir um estágio de equilíbrio é denominada de sucessão ecológica (PIRES O'BRIEN; O'BRIEN, 1995). Para Primack e Rodrigues (2001), sucessão é o processo gradual de mudança na composição de espécies, estrutura da comunidade e características físicas que ocorrem em resposta a distúrbios naturais ou causados pelo homem em uma comunidade biológica.

A composição de uma comunidade vegetal pode ser transformada em números para que, matematicamente, seja possível julgá-la dentro de alguns parâmetros (densidade, dominância, frequência) e até mesmo comparar comunidades em locais diferentes utilizando índices. Segundo Batista, Couto e Silva Filho (2014), os índices de diversidade servem para compreender melhor o número de espécies (ou riqueza de espécies) de um determinado lugar, pois pode ocorrer que apenas o número de espécies não seja suficiente para descrever, sendo que a abundância de cada espécie pode ser diferente em locais diferentes, ou seja, deve-se considerar tanto a riqueza quanto a equabilidade.

Gastauer e Meira-Neto (2015) relataram que uma das dificuldades dentro das pesquisas é os vários índices existentes na literatura, mostrando cada qual um aspecto diferente da diversidade e, logicamente que, se o método é diferente, requer cuidado na hora da interpretação. Isto vem a confirmar Durigan (2012) quando relata que não há consenso sobre a melhor maneira de avaliar a diversidade.

Outros números que auxiliam a compreender melhor os aspectos ecológicos são os números utilizados para conhecer o padrão da distribuição espacial de uma dada espécie, o qual avalia como os indivíduos estão distribuídos em um determinado espaço (SOUZA; SOARES, 2013). Durigan (2012) relatou que a mesma espécie pode apresentar diferentes padrões de distribuição espacial quando comparadas comunidades, estratos, condições ambientais e desenhos amostrais diferentes, pois em geral, o padrão de distribuição costuma

se correlacionar com a heterogeneidade de hábitat ou fatores atrelados com a síndrome de dispersão dos respectivos diásporos.

Na distribuição espacial das samambaias arborescentes, sabe-se que o principal fator limitante é a dispersão dos propágulos e que, em escala local, os fatores físicos influenciam fortemente além da estrutura da vegetação. Entretanto, o conhecimento do padrão de distribuição espacial das populações e os fatores que o influenciam, ainda são, praticamente, desconhecidos para as espécies de samambaias arborescentes brasileiras (MALLMANN; ROCHA; SCHMITT, 2013).

Também é possível mensurar quantos indivíduos de uma espécie (ou comunidade) entram e saem da população considerando que a natureza como um todo é dinâmica. De acordo com Hosokawa et al. (1998), o estudo dos processos dinâmicos (crescimento e produção, mortalidade e ingresso) de uma floresta é de grande importância, visto que estes parâmetros indicam o crescimento e as mudanças ocorridas em sua composição e estrutura. Essas informações, quando analisadas conjuntamente, indicam as alterações ocorridas nas populações (GOMIDE, 1997).

Portanto, torna-se importante conhecer em detalhes os aspectos ecológicos referentes às espécies de samambaias arborescentes para que, assim seja possível, corroborar com a elaboração de planos, tanto de conservação quanto de manejo.

## **3.2 OBJETIVOS**

### **3.2.1 Objetivo geral**

Descrever a fitossociologia, os índices ecológicos, a distribuição espacial e a dinâmica de quatro espécies de samambaias arborescentes encontradas na Floresta Nacional de Irati.

### **3.2.2 Objetivos específicos**

- Calcular a dominância, a densidade, a frequência e o índice de valor de importância da comunidade na qual as quatro espécies de samambaias arborescentes estão inseridas.
- Verificar a presença de epífitas sobre os forófitos das quatro espécies de samambaias arborescentes.

- Determinar a equabilidade, a similaridade e a diversidade por meio de índices ecológicos da comunidade vegetal em que as quatro espécies de samambaias arborescentes estão inseridas.
- Definir a distribuição espacial das quatro espécies de samambaias arborescentes.
- Descrever a dinâmica das quatro espécies de samambaias arborescentes no período de 2014 a 2017.

### 3.3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.3.1 Área de estudo

A presente pesquisa foi realizada na Floresta Nacional de Irati, no estado do Paraná. O detalhamento da área com sua vegetação, tipo de solo, localização e sistema de amostragem, estão descritos no Capítulo 1.

#### 3.3.2 Suficiência amostral

Para analisar a suficiência amostral, foram utilizados os métodos da curva da rarefação, do erro amostral e do “n” amostral mínimo. A curva da rarefação é determinada pelo contínuo sorteio aleatório da ordem das parcelas e pelo cálculo do número acumulado de espécies (KERSTEN; GALVÃO, 2013).

A amostragem sistemática utiliza dos mesmos estimadores da amostragem aleatória simples, pois na prática, são consideradas equivalentes (BATISTA; COUTO; SILVA FILHO, 2014). Para o cálculo do erro de amostragem utilizou-se o erro padrão da média, o qual é utilizado como grau de precisão dos dados obtidos estabelecendo-se um valor máximo permitido (SOARES; NETO; SOUZA, 2012), por meio da relação:

$$E\% = \left( \frac{S_{\bar{y}} \cdot t}{\bar{y}} \right) \cdot 100$$

Em que:  $S_{\bar{y}}$  é o erro padrão da média,  $t$  é o valor da Tabela  $t$  de Student ao nível de significância desejado (neste caso, 5%) e  $\bar{y}$  é a média da variável em estudo.

Outra forma de verificar a suficiência amostral é por meio do estabelecimento do número de unidades amostrais. Para tanto, é necessário verificar se a população é finita ou infinita (SOARES; NETO; SOUZA, 2012), e utilizar a relação:

$$n_{\text{mínimo}} = \frac{t^2 \cdot s^2}{(LE \cdot \bar{y})^2}$$

Em que  $t$  é o valor da Tabela  $t$  de Student ao nível de significância desejado (neste caso, 5%),  $s^2$  é a variância,  $LE$  é o limite de erro da amostragem e  $\bar{y}$  é a média.

### 3.3.3 Fitossociologia

O cálculo dos parâmetros fitossociológicos (densidade, dominância, frequência e valor de importância - Curtis e McIntosh (1950) foram estimados, tanto para a Área 1 quanto para a Área 2, empregando linguagem de programação estatística R (FitoCom, versão 1.5).

A densidade (DA) é o número de indivíduos amostrados por unidade de área, referindo-se tanto ao número de indivíduos registrados para dada espécie quanto para a comunidade como um todo, de maneira que a mesma depende do esforço amostral. Para espécies a densidade absoluta (DA) deve ser expressa por hectare (MORO; MARTINS, 2013). Segundo Souza e Soares (2013) calcula-se esse parâmetro da seguinte forma:

$$DA = n/ha$$

Em que  $n$  é o número de indivíduos amostrados de dada espécie e  $ha$  a área amostrada expressa em hectares.

Por sua vez, a densidade relativa (DR) é obtida com a relação:

$$DR = \frac{DA}{N} \cdot 100$$

Em que  $DA$  é a densidade absoluta de uma dada espécie e  $N$  o número total de indivíduos amostrados.

Não é comum, mas pode ocorrer de uma samambaia arborescente ramificar abaixo do DAP, como é o caso de aproximadamente 5% da população de *Dicksonia sellowiana*. De acordo com Gasper et al. (2011) e Lerner (2016), essas samambaias arborescentes possuem mais de uma coroa, podendo ou não ser abaixo de 1,3 m. Neste caso, de acordo com Batista, Couto e Silva Filho (2014), para melhor representar estes indivíduos, deve-se utilizar a fórmula do diâmetro equivalente (ou diâmetro fundido), dada por:

$$dg = \sqrt{\sum_{i=1}^n d_i^2}$$

Em que  $d_i^2$  é o diâmetro ao quadrado de cada ramificação e  $\sum$  é a somatória dos diâmetros.



A frequência absoluta (FA) fornece uma imagem de como cada espécie ocupa o espaço da comunidade. A frequência relativa (FR) mostra mais claramente quais são as espécies mais e menos frequentes complementando a frequência absoluta e facilitando a interpretação da Tabela fitossociológica (MORO; MARTINS, 2013). Segundo Souza e Soares (2013) calcula-se esse parâmetro da seguinte forma:

$$FA = \text{porcentagem de ocorrência da espécie nas parcelas}$$

Por sua vez, a frequência relativa (FR) é obtida pela fórmula:

$$FR = \frac{FA}{\sum FA} \cdot 100$$

Em que:  $FA$  é a frequência absoluta e  $\sum FA$  a somatória da frequência absoluta.

A área basal de uma espécie ou comunidade também é conhecida na literatura fitossociológica como dominância ou cobertura. A dominância absoluta (DoA) mostra a área (em  $m^2 \cdot ha^{-1}$ ) que uma dada espécie ou a comunidade ocupa, já a dominância relativa (DoR) é a proporção da área basal total da comunidade que dada espécie possui (MORO; MARTINS, 2013). Segundo Souza e Soares (2013) calcula-se esse parâmetro da seguinte forma:

$$DoA = \sum \frac{g}{ha}$$

Em que:  $\sum g$  é a somatória das áreas transversais ( $m^2$ ) de todos os indivíduos da área amostrada de uma dada espécie e  $ha$  a área total amostrada expandida em hectares. Obtém-se a área transversal ( $g$ ) de cada indivíduo amostrado por meio da fórmula:

$$g = \frac{\pi DAP^2}{40000}$$

Em que  $DAP$  é o diâmetro a altura do peito (cm).

Por sua vez, a dominância relativa (DoR) obtém-se por meio da fórmula:

$$DoR = \frac{DoA}{\sum DoA} \cdot 100$$

Em que  $DoA$  é a dominância absoluta de dada espécie e  $\sum DoA$  a somatória da dominância absoluta de todas as espécies.

O Índice de Valor de Importância (IVI) é um índice composto que reúne variáveis densidade relativa, frequência relativa e dominância relativa, mostrando quais espécies tem maior aporte para a comunidade, pois, quando se pretende definir quais espécies são mais importantes na estrutura da comunidade, o IVI é uma tentativa de equalizar a contribuição das

espécies (MORO; MARTINS, 2013). Segundo Souza e Soares (2013) calcula-se esse parâmetro da seguinte forma:

$$IVI = \frac{(DR + FR + DoR)}{3}$$

Em que *DR* a densidade relativa, *FR* a frequência relativa e *DoR* a dominância relativa.

### 3.3.4 Epifitismo

Existem vários estudos que buscaram conhecer melhor a contribuição das samambaias arborescentes como forófitos, ou seja, se a pteridófita arborescente serve como fixação para plantas com hábito epifítico (SCHMITT; BUDKE; WINDISCH, 2005, FRAGA, 2007, FRAGA; DA SILVA; SCHMITT, 2008, SCHMITT, 2005, SCHNEIDER; SCHMITT, 2011). Esses estudos costumam ser ricos em detalhes, sendo por diversas vezes o tema principal, quando não o único de dissertações e afins.

Como o epifitismo não é o objetivo central do presente estudo, este procedimento visou à avaliação dos percentuais de ocorrência (presença/ausência) de epífitas sobre os forófito, exclusivamente representados por samambaias arborescentes (para ambas as áreas estudadas, com dados observados durante o inventário), de modo a fornecer indicativos de sua importância ecológica no suporte aos epífitos. Além disso, os epífitos foram classificados em: briófitas (representadas pela sigla B), pteridófitas que possuem hábito epifítico (P), araucária (AA), além das angiospermas (A), as quais foram particularizadas em alguns grupos específicos como bromélias (BR), orquídeas (O), cactáceas (Cac) e cipós (C). Os líquens não foram considerados.

Quando se procura a descrição taxonômica das Cyatheaceae, é relatada a possibilidade de haver raízes adventícias recobrando o cáudice (SCHMITT, 2005, LEHN; LEUCHTENBERGER, 2008, NEUMANN, 2010), porém não é citada a porcentagem em que isso ocorre. Portanto, neste trabalho foi apenas observada a presença ou ausência para preencher esta lacuna na literatura, já que as raízes adventícias facilitam a fixação de epífitas.

### 3.3.5 Índices ecológicos

Foram estimados os valores da equabilidade de Pielou, da similaridade de Jaccard e Sorensen, além da diversidade de Shannon-Wiener. Foram estimados, tanto para a Área 1

quanto para a Área 2, segundo os procedimentos descritos por Souza e Soares (2013) e Batista, Couto e Silva Filho (2014), através do emprego de linguagem de programação estatística R (FitoCom, versão 1.5).

O índice de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) é determinado pela relação:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \cdot \ln(p_i)$$

Em que  $p_i$  é a proporção da  $i$ -ésima espécie,  $\ln$  é o logaritmo natural,  $S$  é o número total de espécies amostradas.

Gastauer e Meira-Neto (2015) definiram que a equabilidade mostra as diferenças nas abundâncias entre as espécies componentes de uma comunidade, onde a equabilidade próxima à perfeição é rara, em especial para as comunidades distribuídas nos trópicos. O Índice de Shannon-Wiener foi determinado pela fórmula:

$$J = \frac{H'}{\ln(S)}$$

Em que  $H'$  é o índice de diversidade de Shannon-Wiener da comunidade,  $\ln(S)$  é o logaritmo natural do número total de espécies amostradas.

Os índices de similaridade foram utilizados para quantificar a possível similaridade entre comunidades vegetais (SOUZA; SOARES, 2013). Foram utilizados para medir esta associação entre as duas amostras os índices de Jaccard e Sorensen, comumente utilizados em estudos de comunidades vegetais (DURIGAN, 2012). Os índices de Jaccard ( $SJ$ ) e de Sorensen ( $SO$ ) são determinados pelas fórmulas:

$$SJ = \frac{c}{a + b + c}$$

$$SO = \frac{2c}{a + b}$$

Em que:  $a$  é o número de espécies presentes na comunidade 1,  $b$  é o número de espécies presentes na comunidade 2, e  $c$  é o número de espécies em comum nas duas comunidades.

### 3.3.6 Distribuição espacial

A distribuição espacial foi avaliada pelos índices de Morisita, Payandeh e Hazen conforme indicado por Souza e Soares (2013). O índice de Morisita ( $IM_i$ ) é pouco influenciado pelo tamanho da unidade amostral e considera que valores menores que 1 indicam uma distribuição regular, valores iguais a 1 indicam uma distribuição aleatória e valores maiores que 1 representam populações com distribuição agregada. Além disso, foi analisada a significância para a estatística F, neste caso  $\alpha \leq 0,05$  (SOUZA; SOARES, 2013). Segundo os mesmos autores, este índice é calculado da seguinte forma:

$$IM_i = \frac{\sum n_{ij}(n_{ij}-1)}{n_i(n_i-1)} \cdot U_T$$

Em que  $n_{ij}$  = número de plantas da  $i$ -ésima espécie na  $j$ -ésima parcela;  $n_i$  = número total de plantas da  $i$ -ésima espécie; e  $U_T$  = número de parcelas amostradas.

A estimativa do índice de Hazen ( $IH$ ) utiliza a relação entre a variância e o número médio de indivíduos por parcela e é analisado pelo teste do qui-quadrado, em que valores inferiores ao nível de 75% indicam distribuição não agregada, valores entre 75 e 99% indicam tendência de agrupamento e valores superiores a 99% indicam distribuição agrupada (SOUZA; SOARES, 2013). Segundo os mesmos autores, este índice é calculado da seguinte forma:

$$IH = \frac{S_i^2}{M_i} (U_T - 1)$$

Em que  $S_i^2$  = variância do número de plantas da  $i$ -ésima espécie;  $M_i$  = média do número de plantas da  $i$ -ésima espécie; e  $U_T$  = número de parcelas amostradas.

Para o índice Payandeh ( $P_i$ ), é necessário obter a relação entre a variação do número de indivíduos por parcela e o número médio de indivíduos; valores menores ou iguais a 1,0 indicam padrão aleatório; valores entre 1,0 e 1,5 indicam tendência de agrupamento, e valores maiores que 1,5 indicam agrupamento (SOUZA; SOARES, 2013). Segundo os mesmos autores, este índice é calculado da seguinte forma:

$$P_i = \frac{S_i^2}{M_i}$$

Em que  $S_i^2$  = variância do número de plantas da  $i$ -ésima espécie; e  $M_i$  = média do número de plantas da  $i$ -ésima espécie.

### 3.3.7 Incremento, ingresso e mortalidade

Os dados empregados são provenientes das medições realizadas em 2014 e 2017 provenientes das 25 unidades amostrais com área de 500 m<sup>2</sup> (10 x 50 m) cada, totalizando 1,25 ha de área amostrada. Foram mensurados o DAP e altura total de todas as samambaias de porte arborescente com altura mínima de 1,3 m. A análise da dinâmica se baseou na caracterização do crescimento, ingresso e mortalidade em nível de espécie.

Para Moscovich (2006), nos processos da dinâmica, indivíduos de várias espécies se estabelecem, crescem, reproduzem e morrem, sendo que os indivíduos que morrem são substituídos pelo crescimento dos indivíduos vizinhos ou pelo estabelecimento de novos indivíduos da mesma ou de diferentes espécies. Cada uma dessas mudanças, ao longo do tempo, interpreta-se como uma transição de um estágio sucessional para outro. Schorn (2005) sugere que para a avaliação da dinâmica em florestas, ao longo de um período de tempo, três componentes devem ser analisados: incremento das árvores ou crescimento; mortalidade ou morte das árvores; ingresso ou o aparecimento das novas árvores nas classes de regeneração.

Segundo Chambers et al. (1998), em florestas tropicais a idade é um parâmetro difícil de se medir com precisão, já que nem todas as árvores apresentam anéis de crescimento anual definidos. Dessa forma, o incremento em diâmetro se torna mais importante do que a idade para descrever a dinâmica. Encinas et al. (2005) corroboram enfatizando que nos trópicos os estudos de crescimento ainda são limitados, muitas vezes porque as árvores nem sempre apresentam anéis de crescimento visíveis e contínuos diferentemente do crescimento de espécies em zonas temperadas em que é possível determinar o crescimento por meio do estudo dos anéis de crescimento.

O crescimento do diâmetro das árvores é de grande interesse para o manejo florestal (GOMIDE, 1997). No caso das samambaias arborescentes é mais apropriado analisar a altura total ao invés do diâmetro, porque representa de forma mais adequada a população (SCHMITT; WINDISCH, 2005 e SCHMITT, WINDISCH, 2007), porém, devido à ausência de pesquisas e para possibilitar a comparação com espécies arbóreas, trabalhou-se com a variável diâmetro também.

O incremento em diâmetro foi obtido com base no crescimento em diâmetro dos indivíduos medidos nas duas ocasiões, ou seja, aqueles que permaneceram vivos durante o

período estudado. Os incrementos periódicos e periódicos anuais em diâmetro foram calculados utilizando:

$$IP_d = d_f - d_i$$

$$IPA_d = \frac{IP_d}{P}$$

Em que  $IP_d$  = Incremento Periódico (2014-2017) em diâmetro (cm);  $IPA_d$  = Incremento Periódico Anual em diâmetro ( $\text{cm.ano}^{-1}$ );  $d_f$  = DAP no final do período de crescimento avaliado (cm);  $d_i$  = DAP no início do período de crescimento avaliado (cm);  $P$  = intervalo de medição (3 anos).

Para o Incremento em área transversal foi utilizado o mesmo procedimento para avaliação, ou seja, foram descritos os incrementos em área basal no período de 2014 a 2017. O incremento periódico (IP) e o incremento periódico anual (IPA) em área basal, por hectare, foram obtidos utilizando-se as seguintes fórmulas:

$$IP_g = g_f - g_i$$

$$IPA_g = \frac{IP_g}{P}$$

Em que  $IP_G$  = Incremento Periódico em área transversal ( $\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$ );  $IPA_g$  = Incremento Periódico Anual em área transversal ( $\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$ );  $g_f$  = área transversal no final do período avaliado ( $\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$ );  $g_i$  = área transversal no início do período avaliado ( $\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$ );  $P$  = intervalo de medição (3 anos).

O incremento em altura total (e comercial para *D. sellowiana*) foi obtido com base no crescimento em altura dos indivíduos medidos nas duas ocasiões, ou seja, aqueles que permaneceram vivos durante o período estudado. Os incrementos periódicos (IP) e periódico anual (IPA) em altura foram calculados utilizando:

$$IP_h = h_f - h_i$$

$$IPA_h = \frac{IP_h}{P}$$

Em que  $IP_h$  = Incremento Periódico em altura (m);  $IPA_h$  = Incremento Periódico Anual em altura ( $\text{m.ano}^{-1}$ );  $h_f$  = altura no final do período de crescimento avaliado (m);  $h_i$  = altura no início do período de crescimento avaliado (m);  $P$  = intervalo de medição (3 anos).

Ingressantes são aqueles indivíduos que atingiram um tamanho especificado entre dois levantamentos florestais (GOMIDE, 1997). Para Rossi (2007), ingresso é o acréscimo de indivíduos acima de um limite de tamanho arbitrariamente definido, representando um aumento dos indivíduos contáveis que estão competindo por um nicho na floresta.

De acordo com Alder e Synnott (1992), o ingresso está diretamente ligado à regeneração, mas não são sinônimos, pois a regeneração é o processo, pelo qual novos indivíduos são adicionados à população pelo desenvolvimento das sementes (no caso das samambaias arborescentes, esporos). Os mesmos autores também citam que além do fato da palavra regeneração definir um processo, pode-se, do mesmo modo usá-la para se referir aos indivíduos abaixo do limite de inclusão.

Diante disto, foram considerados como ingressos todos os indivíduos que atingiram altura total maior ou igual a 1,3 m em uma dada remedição. A taxa de ingresso foi definida com base na seguinte fórmula:

$$In\% = \frac{N_{In}}{N_i} .100$$

Em que In% = taxa de ingresso (%);  $N_{In}$  = número de árvores ingressas no período avaliado;  $N_i$  = número de árvores no final do período considerado.

A mortalidade refere-se ao volume ou número de indivíduos, existentes inicialmente, mensurados que não foram cortados e que morreram durante o período de crescimento (CAMPOS; LEITE, 2006). Carvalho (1999) enfatiza que a mortalidade pode ser causada por diversos fatores, como competição e supressão, doenças e pragas, condições climáticas, fogos, anelamento, envenenamento, injúrias, exploração florestal e morte por idade, considerando que todo ser vivo tem um período de vida finito ou ainda uma combinação destes fatores.

A mortalidade é um dos principais fatores a ser observado em estudos de dinâmica de florestas tropicais, por representar a saída do sistema em estudo (MENDONÇA, 2003). Nas florestas naturais os indivíduos da comunidade vegetal morrem continuamente e isto se comprova pela típica distribuição diamétrica em J-invertido apresentada pelas florestas, que mostra que, apenas uma pequena fração da regeneração sobreviverá até atingir dimensões comerciais. Em parcelas permanentes, a mortalidade é considerada pela contagem dos indivíduos que morreram (ALDER e SYNNOTT, 1992).

A mortalidade foi obtida mediante contagem dos indivíduos que morreram durante o período avaliado. A taxa de mortalidade foi computada de forma absoluta e em percentagem pela fórmula:

$$M\% = \frac{N_M}{N_i} .100$$

Em que M% = taxa de mortalidade (%);  $N_M$  = número de árvores mortas no período avaliado;  $N_i$  = número de árvores no início do período considerado.

### 3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.4.1 Estatísticas descritivas

Na Área 1 (1,85 ha) foram encontradas 40 famílias botânicas, divididas em 66 gêneros e estes, divididos em 94 espécies, para o ano de 2017. Os indivíduos desta comunidade vegetal (espécies arbóreas e samambaias arborescentes) expressam uma densidade total próxima de 2212 indivíduos por hectare, oscilando em torno de 1109 indivíduos. A área basal foi de 54,23,  $\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$  com oscilação de 20,23  $\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$ , sendo que para as samambaias arborescentes a área basal foi de 20,1  $\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$ , perfazendo 37,06% da área basal da comunidade. Na Figura 35 é demonstrada a riqueza de espécies em nível de família, em que das 10 famílias que mais se destacaram na área, Myrtaceae e Lauraceae foram as mais representativas.

Na Área 2 (1,1 ha) foram encontradas 32 famílias, divididas em 38 gêneros, subdivididos em 57 espécies, para o ano de 2017. Nesta comunidade vegetal tem-se a densidade total de aproximadamente 1497 indivíduos por hectare com oscilação de 875 indivíduos. Apresentou uma área basal total de 51,34  $\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$ , oscilando 14,37  $\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$ , com o detalhe que as samambaias arborescentes somam 5,72  $\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$ , representando 11,14% da área basal da comunidade. Na Figura 36 apresenta-se a riqueza de espécies em nível de família, das 10 famílias mais representativas, a que mais se destaca é Lauraceae, seguida das outras famílias que não apresentam grande diferença no número de espécies.

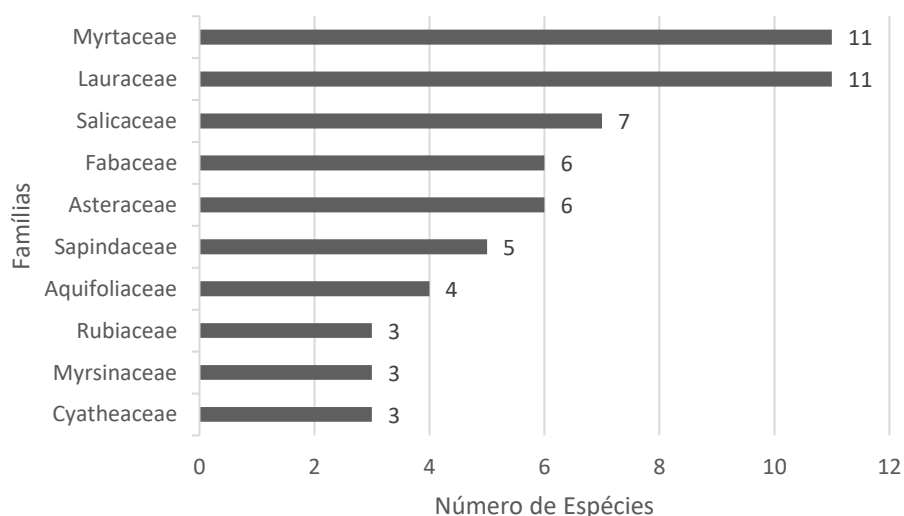


Figura 35: Riqueza por família das espécies arbóreas e samambaias arborescentes para a Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati.



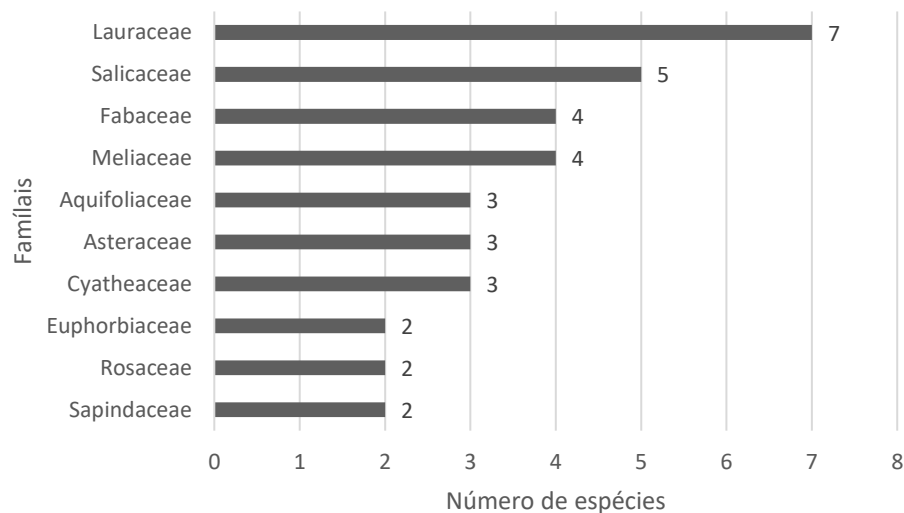


Figura 36: Riqueza por família das espécies arbóreas e samambaias arborescentes para a Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati.

Reginato e Goldenberg (2007), em seu estudo no município de Piraquara, estado do Paraná encontraram como famílias mais representativas, Lauraceae, Myrtaceae, Cyatheaceae, Rubiaceae, Aquifoliaceae e Moraceae, com destaque para as duas primeiras. No presente estudo, para ambas as áreas (1 e 2) a família Lauraceae está entre as mais representativas, sendo que Cyatheaceae também está entre as 10 mais expressivas para ambas as áreas.

#### 3.4.2 Suficiência amostral

Sobre a curva de rarefação, tem-se demonstrado na Figura 37 a Área 1 e na Figura 38 a Área 2. Na Área 1 em que a curva tende a assíntota próximo a 50 unidades amostrais, o que representaria cerca de 98 espécies, equivalente a amostragem de, aproximadamente, 96% das espécies desta área conforme indicado pela margem cinza que acompanha a curva de rarefação. Kersten e Galvão (2013) definiram que quando a linha tende à assíntota horizontal, alcançou-se a suficiência amostral e o acréscimo de novas espécies não altera significativamente o número de espécies observadas.

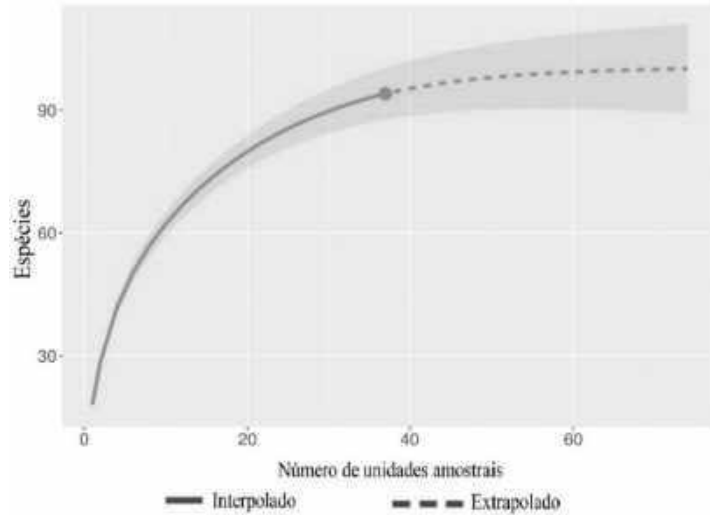


Figura 37: Curva de rarefação para a Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati.

Na Área 2 (Figura 38) que é uma área de sucessão ecológica, ou seja, possui nichos que precisam ser ocupados, tem-se uma situação diferente em que a curva não aparenta tender à assíntota, demonstrando que pode haver próximo de 70 espécies (ou até mais), conforme indicado pelo intervalo de confiança, destacado na figura pela margem cinza que acompanha a curva de rarefação, fazendo com que a amostragem do presente estudo, seja de aproximadamente, 80% das espécies desta área.

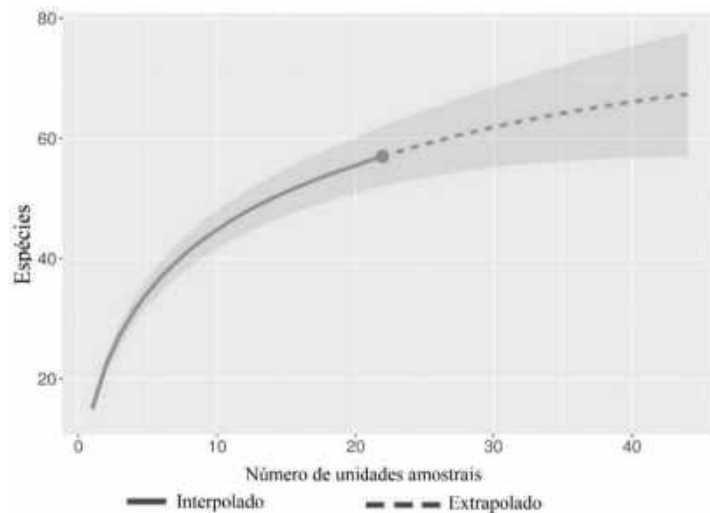


Figura 38: Curva de rarefação para a Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati.

Sobre o erro de amostragem, têm-se duas perspectivas: erro da comunidade como um todo (samambaias arborescentes e árvores) e o erro da população de samambaias arborescentes (ou seja, excluindo-se as árvores).

Na Área 1, quando considerada a área basal da comunidade como um todo, tem-se o erro de 8,3% e um número mínimo de unidades de 26 para não ultrapassar o limite desejável de 10%. Porém, quando considerada apenas a área basal das samambaias arborescentes, tem-se um erro de 14% e um número mínimo necessário de 69 unidades amostrais. Ou seja, a comunidade como um todo está bem representada, uma vez que seja considerado 10% como o máximo admissível de erro, mas para a população de samambaias arborescentes a amostragem ainda não seria o suficiente.

Neste caso, se utilizar o limite de 20%, conforme estabelecido por Figueiredo Filho, Dias e Watzlawick (2006) para espécies arbóreas nativas em inventário feito na Floresta Nacional de Irati, necessitar-se-ia de 18 unidades amostrais para o erro atingir a suficiência amostral, tendo como referência a área basal para a população de samambaias arborescentes.

Na Área 2, também utilizando a área basal como referência, tem-se um erro de 6,8% e um número mínimo de 11 unidades amostrais para a comunidade como um todo. Já para a população de samambaias arborescente tem-se um erro de 23,2% e um número mínimo de 119 unidades amostrais para não extrapolar o limite desejável de 10% de erro. Novamente, a comunidade como um todo está suficientemente amostrada, mas para a população de samambaias arborescentes seria necessário utilizar o limite de 20% anteriormente citado, e ter número mínimo de 30 unidades amostrais para atingir a suficiência amostral.

Portanto, na Área 1 atingiu-se a suficiência amostral qualitativamente e também quantitativamente, porém quantitativamente a 10% de erro para a comunidade vegetal e a 20% de erro para a população de samambaias arborescentes utilizando a área basal como referência. Já para a Área 2, embora estando dentro do intervalo de confiança, não se atingiu a assíntota, mas quantitativamente obteve-se suficiência para a comunidade a 10% de erro e para a população de samambaias arborescentes a 20% de erro, utilizando a área basal como referência.

### 3.4.3 Fitossociologia

Das samambaias arborescentes amostradas, mais especificamente *Dicksonia sellowiana*, apenas dois indivíduos apresentaram bifurcação abaixo de 1,3 m em relação ao solo, sendo utilizados para estes o diâmetro equivalente para efetuar os cálculos.

Como demonstrado na Tabela 17, para a Área 1, *Alsophila setosa* possui o maior IVI e também os maiores valores para os demais parâmetros. *D. sellowiana* por sua vez, ocupa a

terceira posição, mesmo possuindo maior densidade, porém menor dominância que *Araucaria angustifolia*. As espécies do gênero *Cyathea* não possuem parâmetros expressivos, ocupando as posições 17 para *Cyathea phalerata* e 66 para *Cyathea corcovadensis*. Dados semelhantes foram encontrados por Lerner (2016) nesta mesma área.

Tabela 17: Dominância absoluta (DoA, em m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>) e relativa (DoR), densidade absoluta (DA, em indivíduos/ha<sup>-1</sup>) e relativa (DR), frequência absoluta (FA) e relativa (FR, em%) e índice de valor de importância (IVI) de cada espécie para a Floresta Nacional de Irati, na Área 1, com os valores ordenados de maneira decrescente conforme o IVI de cada espécie.

N	Espécie	DA	DR	DoA	DoR	FA	FR	IVI
1	<b><i>Alsophila setosa</i></b>	<b>1538,92</b>	<b>69,57</b>	<b>14,3</b>	<b>26,37</b>	<b>94,59</b>	<b>5,26</b>	<b>33,73</b>
2	<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	38,92	1,76	8,88	16,37	72,97	4,05	7,39
3	<b><i>Dicksonia sellowiana</i></b>	<b>82,16</b>	<b>3,71</b>	<b>5,41</b>	<b>9,97</b>	<b>72,97</b>	<b>4,05</b>	<b>5,91</b>
4	<i>Ilex paraguariensis</i> A. St.-Hil.	54,59	2,47	1,65	3,04	86,49	4,8	3,44
5	<i>Ocotea odorifera</i> (Vell.) Rohwer	54,05	2,44	1,73	3,19	56,76	3,15	2,93
6	<i>Nectandra grandiflora</i> Nees	29,73	1,34	1,69	3,12	75,68	4,2	2,89
7	<i>Ocotea porosa</i> (Nees & Mart.) Barroso	18,92	0,86	2,43	4,48	40,54	2,25	2,53
8	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	13,51	0,61	1,91	3,53	48,65	2,7	2,28
9	<i>Casearia decandra</i> Jacq.	31,35	1,42	0,77	1,43	67,57	3,75	2,2
10	<i>Neictandra megapotamica</i> Mez	17,3	0,78	1,07	1,97	48,65	2,7	1,82
...								
15	<i>Picrasma crenata</i> (Vell.) Engl.	3,78	0,17	1,82	3,36	16,22	0,9	1,48
16	<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	17,3	0,78	0,5	0,93	45,95	2,55	1,42
17	<b><i>Cyathea phalerata</i></b>	<b>19,46</b>	<b>0,88</b>	<b>0,35</b>	<b>0,64</b>	<b>45,95</b>	<b>2,55</b>	<b>1,36</b>
18	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	16,22	0,73	0,39	0,73	40,54	2,25	1,24
19	<i>Dalbergia brasiliensis</i> Vogel	10,81	0,49	0,35	0,64	43,24	2,4	1,18
...								
64	<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.	1,08	0,05	0,04	0,07	5,41	0,3	0,14
65	<i>Chrysophyllum marginatum</i> Radlk.	1,08	0,05	0,04	0,07	5,41	0,3	0,14
66	<b><i>Cyathea corcovadensis</i></b>	<b>1,08</b>	<b>0,05</b>	<b>0,04</b>	<b>0,07</b>	<b>5,41</b>	<b>0,3</b>	<b>0,14</b>
67	<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	1,08	0,05	0,03	0,06	5,41	0,3	0,14
68	<i>Piptocarpha axillaris</i> (Less.) Baker	1,08	0,05	0,03	0,06	5,41	0,3	0,14
...								
Total		2211,79	100	54,21	100	1800,08	100	100

Para maior detalhamento vide apêndice A.

Considerando apenas o IVI, *Alsophila setosa* não apenas é a espécie mais expressiva como também representa cerca de um terço de todas as espécies amostradas. Este fato pode ser facilmente justificado tomando por base o estudo de Schmitt e Windisch (2005), sobre a ecologia desta espécie no Estado do Rio Grande do Sul, em que é relatada sua habilidade de se reproduzir vegetativamente por meio de ramificações estoloníferas. Os autores explicam que o fato comum de haver densos aglomerados no interior de formações secundárias,

expressa sua alta capacidade de ocupar novos espaços. Os dados do presente estudo, contendo alta densidade desta espécie, assemelham-se com o estudo de Schmitt e Windisch (2005).

Para a Área 2 (Tabela 18), *Alsophila setosa* perde apenas para *Araucaria angustifolia*. Como nesta área houve um plantio de Araucárias e o mesmo não sofreu corte raso, justifica-se a presença expressiva desta espécie. Quando comparadas as Áreas 1 e 2, para *Alsophila setosa* não existem diferenças expressivas, mas para as outras espécies de samambaias arborescentes notam-se distinções. É importante ressaltar que o plantio de Araucária foi realizado na década de 1940, restando atualmente cerca de 300 árvores por hectare.

Considerando-se o IVI, *D. sellowiana* está na 15<sup>a</sup> posição, mas o mais relevante é para o gênero *Cyathea* em que *Cyathea corcovadensis* está em 27<sup>a</sup> enquanto *Cyathea phalerata* está em 40<sup>a</sup> posição, pois na Área 1, *C. phalerata* possui maior IVI que *C. corcovadensis*.

Na Área 1, constatou-se que indivíduos de *C. corcovadensis* que crescem em lugares com maior taxa aparente de luminosidade, apresentam aspecto mais saudável, muito embora indivíduos de *C. corcovadensis* possuam crescimento mais lento que indivíduos de *C. phalerata* (diante dos dados fenológicos tratados no capítulo anterior). Assim, baseado em Sakagami (2006) ao relatar que *C. phalerata* costuma crescer em lugares sombreados, é possível intuir que a taxa de luminosidade do início do processo de regeneração da Área 2 tenha favorecido *C. corcovadensis*, já que os indivíduos da Área 2 são mais altos que da Área 1, sugerindo que sejam mais velhos, pois a altura representa melhor a idade que o diâmetro.

Isto também poderia justificar não apenas a maior presença de *C. phalerata* na Área 1, mas também o fato que 20 dos 36 indivíduos de *C. phalerata* têm menos de 3 metros de altura, sugerindo uma ocupação mais recente, provavelmente dos últimos 20 anos, levando em consideração a taxa de crescimento anual (em altura).

Para Reginato e Goldenberg (2007), *A. setosa* foi a espécie com maior IVI (8,35) e segunda maior dominância (2,85 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>). O presente estudo difere do estudo de Reginato e Goldenberg (2007) devido ao fato que os autores catalogaram indivíduos com DAP maior ou igual a 10 cm e em uma área de ecótono (Floresta Ombrófila Densa e Mista) o que pode explicar a diferença dos valores dos parâmetros, embora a expressividade seja semelhante em ambos os trabalhos para esta espécie.

Já em relação a *Alsophila setosa*, Cagliani (2013) em Floresta Ombrófila Densa, encontrou densidade de 109,09 indivíduos/ha<sup>-1</sup>, dominância de 0,63 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> e frequência de

39,39 e sétimo maior IVI. Diferenças na metodologia e formação florestal distinta, podem explicar diferenças nos resultados.

Tabela 18: Dominância absoluta (DoA, em m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>) e relativa (DoR), densidade absoluta (DA, em indivíduos/ha<sup>-1</sup>) e relativa (DR), frequência absoluta (FA) e relativa (FR, em%) e índice de valor de importância (IVI) de cada espécie para a Floresta Nacional de Irati, na Área 2, com os valores ordenados de maneira decrescente conforme o IVI de cada espécie.

Nº	Espécie	DA	DR	DoA	DoR	FA	FR	IVI
1	<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	279,09	18,64	34,26	66,73	100,00	6,67	30,68
<b>2</b>	<b><i>Alsophila setosa</i> Kaulf</b>	<b>600,91</b>	<b>40,13</b>	<b>5,23</b>	<b>10,18</b>	<b>77,27</b>	<b>5,15</b>	<b>18,49</b>
3	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	98,18	6,56	1,33	2,58	95,45	6,36	5,17
4	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	74,55	4,98	1,21	2,37	72,73	4,85	4,06
5	<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	65,45	4,37	0,88	1,71	90,91	6,06	4,05
6	<i>Psychotria vellosiana</i> Benth.	54,55	3,64	1,24	2,41	81,82	5,45	3,84
7	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	22,73	1,52	0,71	1,38	68,18	4,55	2,48
8	<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Mll.Arg.	29,09	1,94	0,62	1,22	59,09	3,94	2,37
9	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	22,73	1,52	0,89	1,74	50,00	3,33	2,20
10	<i>Ilex paraguariensis</i> A. St.-Hil.	22,73	1,52	0,26	0,51	68,18	4,55	2,19
11	<i>Vernonanthura discolor</i> (Spreng.) H. Rob.	15,45	1,03	0,36	0,71	50,00	3,33	1,69
12	<i>Casearia obliqua</i> Spreng.	14,55	0,97	0,33	0,65	45,45	3,03	1,55
13	<i>Casearia lasiophylla</i> Eichler	13,64	0,91	0,17	0,33	50,00	3,33	1,52
14	<i>Casearia decandra</i> Jacq.	14,55	0,97	0,19	0,37	45,45	3,03	1,46
<b>15</b>	<b><i>Dicksonia sellowiana</i> Hook</b>	<b>13,64</b>	<b>0,91</b>	<b>0,39</b>	<b>0,76</b>	<b>36,36</b>	<b>2,42</b>	<b>1,36</b>
...								
25	<i>Vernonanthura petiolaris</i> (DC.) H. Rob.	4,55	0,30	0,11	0,21	18,18	1,21	0,58
26	<i>Albizia edwallii</i> (Hoehne) Bar. & Grimes	4,55	0,30	0,09	0,17	18,18	1,21	0,56
<b>27</b>	<b><i>Cyathea corcovadensis</i> (Raddi) Domin</b>	<b>3,64</b>	<b>0,24</b>	<b>0,08</b>	<b>0,16</b>	<b>18,18</b>	<b>1,21</b>	<b>0,54</b>
28	<i>Ilex brevicuspis</i> Reissek	6,36	0,43	0,14	0,28	13,64	0,91	0,54
29	N.I.	3,64	0,24	0,04	0,08	18,18	1,21	0,51
30	<i>Campomanesia xanthocarpa</i> Berg	4,55	0,30	0,11	0,22	13,64	0,91	0,48
...								
38	<i>Machaerium stipitatum</i> (DC.) Vogel	2,73	0,18	0,03	0,06	9,09	0,61	0,28
39	<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.	1,82	0,12	0,04	0,07	9,09	0,61	0,27
<b>40</b>	<b><i>Cyathea phalerata</i> Mart</b>	<b>1,82</b>	<b>0,12</b>	<b>0,02</b>	<b>0,05</b>	<b>9,09</b>	<b>0,61</b>	<b>0,26</b>
41	<i>Trichilia clausenii</i> C.DC.	1,82	0,12	0,02	0,03	9,09	0,61	0,25
42	<i>Ocotea porosa</i> (Nees & Mart.) Barroso	0,91	0,06	0,07	0,13	4,55	0,30	0,16
43	<i>Hovenia dulcis</i> Thunberg	0,91	0,06	0,05	0,10	4,55	0,30	0,16
...								
Total		1497,34	100	51,36	100	1500,07	100	100

Para maior detalhamento vide apêndice B.

Sobre *D. sellowiana*, dos estudos existentes, tem-se o Inventário do Estado de Santa Catarina realizado por Gasper et al. (2011) com unidades amostrais de 4.000 m<sup>2</sup> cada e critério de inclusão com DAP  $\geq$  10 cm, apresentando frequência absoluta de 41,7, densidade absoluta de 156 indivíduos/ha<sup>-1</sup>, dominância absoluta de 7,6 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, maior IVI (51,5), ultrapassando inclusive *Araucaria angustifolia* (segundo maior IVI, 14,3).

A diferença da pesquisa de Gasper et al. (2011) com o presente estudo, em especial na densidade, é notória. Talvez possa ser explicado pelo fato que em Santa Catarina, antes da proibição da extração de *D. sellowiana*, era permitido o manejo desde que fosse obedecida a Portaria 1/1996, que orientava a limitar o corte em 30% dos indivíduos adultos que apresentassem diâmetros maiores que 30 cm, medidos a 80 cm do solo. Também orientava a realizar o plantio das coroas (também chamadas de ponteiras) e a condução de rebrotas (MIELKE, 2002). Além do fato de haver regras específicas para o manejo, também deve ser lembrado que as condições edafo-climáticas do estado catarinense são distintas do estado paranaense, o que pode vir a somar para explicar as diferenças dos estudos.

Para auxiliar nesta comparação, pode ser citado o estudo de Greiner e Acra (2009), realizado no Parque Estadual Vila Velha (Ponta Grossa, Paraná) em que para *D. sellowiana* foi encontrado o quinto maior IVI, além de densidade e dominância menores que no estudo de Gasper et al. (2011) e também menores que no presente estudo.

Sobre os estudos com *C. phalerata* tem-se Caglioni (2013) que, no Parque da Serra do Itajaí (SC), em meio a Floresta Ombrófila Densa, obteve densidade de 93,94 indivíduos/ha<sup>-1</sup>, dominância de 0,62 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, frequência de 51,52 e sexto maior IVI. Reginato e Goldenberg (2007), em uma área de transição entre Floresta Ombrófila Densa e Mista encontraram para *C. phalerata* a maior frequência (71,4%), o terceiro maior IVI (6,12) e a quinta maior dominância (1,84 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>). No presente estudo as duas espécies de *Cyathea* não apresentaram parâmetros expressivos, o que pode ser justificável diante do fato que são não apenas metodologias distintas, mas também formações florestais distintas, aliado a outro fato que de acordo com Schmitt (2005) são escassos os trabalhos no trópico e subtropical brasileiro, que discutem a caracterização populacional ou o desenvolvimento das ciataceas. Portanto, isso causa dificuldades em realizar comparações.

#### 3.4.4 Epifitismo

Para relatar sobre a presença das epífitas (Figura 39), as samambaias arborescentes não foram separadas em espécies, portanto os dados para o tópico de epifitismo foi tratado em linhas gerais, sendo separadas apenas as áreas.



Figura 39: Exemplos de epífitas sobre os forófitos de samambaias arborescentes na Floresta Nacional de Irati – PR.

Na Área 1, o grupo das briófitas estavam presentes em 3025 indivíduos (99,6% da população amostrada). O grupo das pteridófitas estava presente em 2855 indivíduos (94,01%), as araucárias estão presentes em seis indivíduos (0,2%), as angiospermas não identificadas estavam presentes em 1770 indivíduos (58,28%), as bromélias estava presente em 59 indivíduos (1,94%), o grupo das orquídeas estava presente em dois indivíduos (0,07%), o grupo das cactáceas estava presente em 15 indivíduos (0,49%), o grupo dos cipós estava presente em 108 indivíduos (3,56%) e em quatro indivíduos (0,13%) não havia a presença de epífitas.



Na Área 2, o grupo das briófitas estava presente em 681 indivíduos (99,85%), o grupo das pteridófitas em 668 indivíduos (97,95%), as angiospermas não identificadas em 516 indivíduos (75,66%), as bromélias em um único indivíduo (0,15%), as cactáceas estavam presentes em quatro indivíduos (0,59%) e os cipós em 14 indivíduos (2,05%). Não foi observada a presença de araucárias e orquídeas, assim como também não foi observada a completa ausência de epífitas sobre as samambaias arborescentes.

Fraga (2007) estudou epífitas vasculares sem sementes em *Dicksonia sellowiana* no Estado do Rio Grande do Sul e encontrou 31 espécies destas epífitas. Já Schmitt, Budke e Windisch (2005) encontraram em seu estudo, no município de São Francisco de Paula (RS), 11 espécies de pteridófitas epifíticas sobre *Dicksonia sellowiana*. Porém Fraga, Da Silva e Schmitt (2008) observaram 20 espécies de pteridófitas epífitas sobre *Dicksonia sellowiana* no Parque Municipal da Ronda (São Francisco de Paula, RS).

Schmitt (2005) em seu estudo desenvolvido no Estado do Rio Grande do Sul, em que verificou as pteridófitas epifíticas em samambaias arborescentes, encontrou para *A. setosa*, 31 espécies de epífitas, para *C. corcovadensis*, sete espécies, para *C. delgadii* e *C. atrovirens*, 10 espécies para cada espécie. Entretanto, Schneider e Schmitt (2011) encontraram 14 espécies de pteridófitas epífitas sobre *A. setosa* no município de Morro Reuter (RS). Esses estudos objetivaram investigar um grupo limitado de espécies epifíticas, o que dificulta certas comparações, porém, ainda assim, permitem perceber a importância das samambaias arborescentes como forófitos.

Sobre a presença ou ausência de raízes adventícias para as Cyatheaceae na Área 1, verificou-se que para *A. setosa*, 626 indivíduos (21,99% da população amostrada desta espécie) possui raízes adventícias, sendo que destes 11 (1,76%) possuem presença bastante expressiva de raízes adventícias quando comparados aos outros em que estas raízes se restringem aos primeiros 40 cm do cáudice. Para *C. corcovadensis* notou-se que os dois indivíduos amostrados possuem raízes adventícias, perfazendo 100% da espécie, sendo que estas raízes não se apresentaram de forma expressiva. Para *C. phalerata* verificou-se que 17 indivíduos (47,22%) apresentam raízes adventícias sendo que três indivíduos (8,33%) as apresentam de forma expressiva se comparados aos outros em que estas raízes se restringem aos primeiros 50 cm do cáudice.

Na Área 2, para *A. setosa* verificou-se que 626 indivíduos (3,03% da população amostrada desta espécie) possui raízes adventícias, mas nenhum de maneira expressiva. Para *C. corcovadensis* notou-se que um indivíduo amostrado possui raízes adventícias (mas não de

forma expressiva) perfazendo 25% da espécie. Para *C. phalerata* verificou-se que dos dois indivíduos amostrados, nenhum apresentou raízes adventícias.

Sobre as Cyatheaceae ainda há um detalhe a ser retratado. Ao observar os outros indivíduos, ou seja, nas samambaias que não estavam nas unidades amostrais, observou-se que quanto maior a tortuosidade do cáudice, maior as chances do indivíduo desenvolver raízes adventícias de forma mais expressiva para conseguir sustentar seu próprio peso, a ponto de que em alguns casos, mais detalhadamente, indivíduos de *C. phalerata*, chegaram a desenvolver raízes adventícias cujo formato remete a ideia de uma cortina (Figura 40).



Figura 40: Raízes adventícias de *C. phalerata* na Floresta Nacional de Irati – PR.

#### 3.4.5 Índices ecológicos

Na Tabela 19 estão os resultados dos índices ecológicos. De acordo com o índice de similaridade de Jaccard, as áreas possuem 37% de semelhança, enquanto, pelo índice de Sorensen, possuem mais de 50% de semelhança. É notório que a Área 2, mesmo possuindo um esforço amostral menor que a Área 1, possui maior diversidade de acordo com os dois índices: Shannon-Wiener ( $H'$ ) e Pielou (J), sendo que quanto maior seu valor, maior é a sua diversidade florística (SOUZA; SOARES, 2013).

Tabela 19: Índices ecológicos para as Áreas 1 e 2, na Floresta Nacional de Irati.

	Shannon-Wiener ( $H'$ )	Pielou (J)	Jaccard (SJ)	Sorensen (SO)
Área 1	1,72	0,38	0,37	0,54
Área 2	2,34	0,58		

Assim, a área do presente estudo é menos diversa que a área de Higuchi et al. (2013), na qual foram encontrados valores de  $H' = 2,79$  e  $J = 0,7$ , no município de Painel (SC), em uma área com interferência antrópica, onde *Dicksonia sellowiana* foi uma das espécies mais

expressivas. Aqui cabe ressaltar que Higuchi et al. (2013) relataram que estes valores são baixos, provavelmente devido às condições de florestas alto-montanas.

Comparando-se o presente estudo com o estudo de Caglioni et al. (2015) em Blumenau, estado de Santa Catarina (com interferência antrópica no início do século XX, com presença de *Cyathea phalerata* e *Alsophila setosa* entre as sete espécies mais expressivas), com valor de  $H' = 4,13$ , notam-se diferenças de forma ainda mais expressivas. Esses autores relataram que houve muitas espécies com um número baixo de indivíduos, o que provavelmente justifica os valores de  $H'$ . Para a equidade, Caglioni et al. (2015) encontraram  $J = 0,87$ , considerado elevado, justificando esse valor diante da densidade relativa de todas as espécies inferior a 7%. No presente estudo, mesmo os valores mais altos de  $H'$  e  $J$ , são inferiores aos encontrados por Caglioni et al. (2015), mesmo as espécies *Araucaria angustifolia* e *A. setosa* apresentando densidades relativas consideravelmente altas.

Costa et al. (2011), em estudo no município de Poços de Caldas (MG), em uma área de mosaico de Floresta Tropical Superomontana e sem relatos de efeitos antrópicos, encontraram entre as espécies componentes desta comunidade, duas espécies de samambaias arborescentes (*Cyathea phalerata* e *C. delgadii*) e valor de  $H' = 4,26$  e  $J = 0,56$ , sendo o valor de  $J$  próximo ao valor do presente estudo.

Quando comparado com outros estudos em que houve a presença de ao menos uma espécie de samambaia arborescente, os valores de  $H'$  e  $J$  são baixos, mostrando que as áreas ainda podem ganhar novas espécies no decorrer do tempo. Quando as áreas são comparadas entre si, percebe-se que a Área 2 possui valores maiores para  $H'$  e  $J$ , porém, cabe ressaltar que na Área 2 (1,1 ha) foi realizado um plantio de Araucária, e que existe um processo de regeneração das espécies nativas, além da presença de espécies exóticas (uva-do-japão - *Hovenia dulcis*) e, portanto, a presença de Araucária instaurada de maneira artificial pode justificar os dados já que a Área 2 possui menor riqueza que a Área 1 (57 e 94 respectivamente).

#### 3.4.6 Distribuição espacial

Devido à baixa densidade para as duas espécies do gênero *Cyathea*, foi considerado apenas o gênero para os cálculos dos índices de agregação.

Para facilitar compreensão e análises, foi elaborada a Tabela 20 e apresentados os resultados obtidos para os índices de agregação para o presente estudo e Tabela 21 para outros estudos sobre essas mesmas espécies.

Para complementar as informações apresentadas na Tabela 20, deve-se ressaltar que, para o índice de Hazen, os valores de  $\chi^2$  são 41,30 para o nível de probabilidade de 75% e 58,61 para o nível de probabilidade de 99%.

Tabela 20: Índices de agregação para as samambaias arborescentes estudadas na Floresta Nacional de Irati – PR.

<b>Espécie</b>	<b>Morisita</b>	<b>Payandeh</b>	<b>Hazen</b>	<b>Padrão</b>
<i>A. setosa</i>	1,47	38,13	1372,86	Agregado
<i>Cyathea</i> spp	2,05	2,08	74,95	Agregado
<i>D. sellowiana</i>	2,69	8,08	291,03	Agregado

Para o índice de Morisita o valor de  $F_{calc}$  para *A. setosa* foi de 38,27, para o gênero *Cyathea* spp foi de 3,13 e para *D. sellowiana* foi de 8,08. Sendo o  $F_{tab}$  1,80, o índice Morisita foi validado para *A. setosa*, *Cyathea* spp e *D. sellowiana*.

Os resultados dos índices indicam que as quatro espécies de samambaias arborescentes possuem um padrão de distribuição espacial agregado, corroborando com outros trabalhos já realizados com tais espécies.

Lehn e Resende (2007) relataram que a distribuição espacial agregada pode ser consequência do estabelecimento de esporófitos jovens originados de gametófitos em locais espaçados e com condições adequadas, podendo também ser resultante das limitações da forma de dispersão. Os autores acrescentaram ainda que em *C. delgadii* é possível observar pequenos estolões junto à base de alguns indivíduos adultos ou até mesmo, observar indivíduos com frondes férteis (presença de esporos). Este fato só vem a favorecer um padrão agregado de distribuição espacial.

Algo importante a se ressaltar no caso da distribuição espacial das samambaias arborescentes, é que independentemente do tamanho da área amostrada e do índice utilizado, o resultado é o mesmo, distribuição espacial agregada, permitindo que pesquisas com esforço amostral e índices distintos possam ser comparadas.

Dos trabalhos que abordam a distribuição espacial de *D. sellowiana* (MARQUES; KRUPPEK, 2014; BLUME; RECHENMACHER; SCHMITT, 2010; KLAUBERG et al., 2010), todos relataram que a perturbação no ambiente, independente se natural ou antrópica, interfere não apenas na distribuição espacial em si, mas na sua biologia como um todo (densidade, biometria, idade reprodutiva), porém não mensuram esta variável, ou seja, não realizaram comparações entre áreas com diferentes graus de perturbações para verificar de que maneira isto influencia na biologia de *D. sellowiana*, por não ser o objetivo almejado.

Tabela 21: Índices de agregação para as espécies de samambaias arborescentes em trabalhos desenvolvidos no Brasil.

Autores	Local da Pesquisa	Município (UF)	Formação florestal	Área amostrada	Critério de inclusão	Índices de agregação	Padrão	Espécie estudada
Blume, Rechenmacher e Schmitt (2010)	Parque Natural Municipal da Ronda	São Francisco de Paula (RS)	FOM <sup>1</sup>	1000 m <sup>2</sup>	Altura total > 0 m	$\frac{\text{Morisita}}{\text{Razão V/M}^2}$	Agregado	<i>D. sellowiana</i>
Marques & Krupke (2014)	*Estância Breyer/ Sítio da Gruta	União da Vitória (PR)	FOM <sup>1</sup>	1000 m <sup>2</sup>	Altura total > 0 m	$\frac{\text{Morisita}}{\text{Razão V/M}^2}$	Agregado	<i>D. sellowiana</i>
Araújo et al. (2009)	FLONA de São Francisco de Paula	São Francisco de Paula (RS)	FOM <sup>1</sup>	100 000 m <sup>2</sup>	CAP ≥ 30 cm	Payandeh	Agregado	<i>D. sellowiana</i>
Klauber et al. (2010)	Parque Natural Municipal João José Theodoro da Costa Neto	Lages (SC)	FOM <sup>1</sup>	6 400 m <sup>2</sup>	CAP ≥ 5 cm	Morisita	Agregado	<i>D. sellowiana</i>
Mallmann et al. (2019)	Parque Nacional Aparados da Serra	Cambará do Sul (RS)	FOM <sup>1</sup>	6000 m <sup>2</sup>	Altura total > 0 m	Razão V/M <sup>2</sup>	Agregado	<i>D. sellowiana</i>
Schmitt & Windisch (2005)	-	Morro Reuter/Sapiranga (RS)	FES <sup>3</sup>	1500 m <sup>2</sup>	Altura total > 0 m	$\frac{\text{Razão V/M}^2}{\text{Green}}$	Agregado	<i>A. setosa</i>
Schmitt & Windisch (2007)	-	Novo Hamburgo (RS)	FES <sup>3</sup>	380 m <sup>2</sup>	Altura total > 0 m	Morisita	Agregado	<i>C. delgadii</i>
Oliveira et al. (2019)	*Morro do Paula	São Leopoldo (RS)	FES <sup>3</sup>	100 m <sup>2</sup>	Altura total > 0 m	Morisita	Agregado	<i>C. delgadii</i>
Lehn & Resende (2007)	Parque Estadual das Matas do Segredo	Campo Grande (MS)	FES <sup>3</sup>	1500 m <sup>2</sup>	Altura total > 0 m	$\frac{\text{Razão V/M}^2}{\text{Morisita}}$	Agregado	<i>C. delgadii</i>

\* Área privada. <sup>1</sup> Floresta Ombrófila Mista. <sup>2</sup> Razão Variância/média. <sup>3</sup> Floresta Estacional Semidecidual

### 3.4.7 Incremento, Ingresso e Mortalidade

Visando aperfeiçoar o trabalho de campo, apenas os cinco primeiros indivíduos de cada espécie em cada unidade amostral tiveram suas alturas medidas, totalizando 206 samambaias arborescentes distribuídas em 117 para *A. setosa* (8,81% da espécie), 25 para *Cyathea* spp (86%) e 64 para *D. sellowiana* (53,3%), com seus respectivos valores de incremento detalhados na Tabela 22 juntamente com os valores referentes ao incremento em diâmetro e área transversal.

Tabela 22: Taxas absolutas do período (IP) e anual (IPA) para incremento em diâmetro (DAP em cm), área transversal (g em m<sup>2</sup>) e alturas total (h em m) e comercial (hcom em m) para as quatro espécies de samambaias arborescentes estudadas na Floresta Nacional de Irati, no período de 2014 a 2017.

		DAP (cm)		g (m <sup>2</sup> )		h (m)		hcom (m)	
		IP	IPA	IP	IPA	IP	IPA	IP	IPA
<i>A. setosa</i>	Mínimo	-6,5	-2,1	-0,0143	-0,0047	0	0	-	-
	Médio	-0,2	-0,06	-0,0003	-0,0001	0,43	0,14	-	-
	Máximo	3,9	1,3	0,0076	0,0025	1,3	0,43	-	-
<i>Cyathea</i> spp	Mínimo	-3,2	-1,06	-0,0086	-0,0028	0,02	0,006	-	-
	Médio	-0,8	-0,26	-0,0019	-0,0006	0,51	0,17	-	-
	Máximo	1,2	0,4	0,0037	0,0012	1,38	0,46	-	-
<i>D. sellowiana</i>	Mínimo	-3,2	-1,06	-0,0178	-0,0059	0	0	-0,81	-0,27
	Médio	-0,1	-0,03	-0,0002	-0,00006	0,16	0,05	-0,06	-0,02
	Máximo	6,4	2,13	0,0324	0,0108	0,77	0,26	1,75	0,58
Geral	Mínimo	-6,5	-2,16	-0,0178	-0,0059	0	0	-	-
	Médio	-0,17	-0,06	-0,0003	-0,0001	0,37	0,12	-	-
	Máximo	6,41	2,13	0,0324	0,0108	1,38	0,46	-	-

Observaram-se incrementos negativos para diâmetro e, conseqüentemente, para a área transversal. Para isto há duas explicações levando em consideração a vivência do trabalho de campo. A primeira explicação é voltada para a família Cyatheaceae em que seus cáudices, ao serem tocados, podem soltar pedaços, problemática também presente na realidade das árvores da família das Mirtáceas. A segunda explicação aplica-se às duas

famílias, em especial para Dicksoniaceae, em que quando cai uma epífita e esta, é relativamente grande, pode levar junto consigo parte das raízes adventícias, bem como pode ocorrer de cair galhos paralelos aos cáudices arrancando parte das raízes adventícias, resultando em alterações do diâmetro e, conseqüentemente, na área transversal. Como o trabalho de campo não ocorreu em dias de chuva, dificilmente o fator umidade pode ter influenciado, expandindo os cáudices.

Para o incremento na altura comercial de *D. sellowiana*, dois indivíduos foram desconsiderados, pois, devido ao grande acúmulo de epífitas sobre seus cáudices, a altura comercial foi considerada como zero (0 m).

Sobre o incremento nulo em altura, Schmitt, Schneider e Windisch (2009) também observaram este mesmo fato durante o triênio de acompanhamento do crescimento de *D. sellowiana*, no município de Morro Reuter (RS), o que corrobora com os dados nulos encontrados neste estudo e não apenas para *D. sellowiana*.

Sobre o incremento máximo para a altura comercial de *D. sellowiana*, este pode ser explicado pelo fato que, por vezes as raízes adventícias não são densas o suficiente para encobrir totalmente as cicatrizes deixadas pelas frondes e, quando por fim encobrem totalmente as cicatrizes, dá-se a entender que houve um crescimento muito acelerado de raízes adventícias.

Se forem desconsiderados os valores negativos de incremento periódico em DAP e g, para *A. setosa*, tem-se as médias de 0,4 cm e 0,0007 m<sup>2</sup>, respectivamente. *Cyathea* spp. teria incremento médio no DAP de 0,5 cm e na área transversal de 0,0014 m<sup>2</sup>. Já *D. sellowiana* apresentaria os maiores valores de incremento, sendo 1,2 cm para o DAP e 0,0053 m<sup>2</sup>, e, portanto, a média geral do incremento periódico ficaria 0,4 cm para DAP, 0,001 para a área transversal e 0,15 m para a altura comercial.

Na Tabela 23 estão descritos os valores absolutos e percentuais para Ingressos e Mortalidade. Diante da baixa densidade para as duas espécies do gênero *Cyathea*, os dados foram tratados ao nível de gênero.

Tabela 23: Número inicial, valores absolutos e percentuais para as taxas de Ingressos e Mortalidade para as quatro espécies de samambaias arborescentes estudadas na Floresta Nacional de Irati, no período de 2014 a 2017.

Espécie	N inicial	Ingressos				Mortalidade			
		Período (2014-2017)	%	Taxa Média Anual	%	Período (2014-2017)	%	Taxa Média Anual	%
<i>A. setosa</i>	1682	164	9,75	54,6	3,25	89	5,3	29,6	1,76
<i>Cyathea</i> spp	29	6	20,7	2	6,9	4	13,8	1,33	4,6
<i>D. sellowiana</i>	120	7	5,83	2,33	1,94	13	10,83	4,33	3,61

Em termos absolutos, *A. setosa* é a espécie com números mais expressivos tanto para ingressos como para mortalidade e, no caso da mortalidade, a maior parte foi causada pela queda de árvores ou galhos. Quando comparados os valores percentuais, *Cyathea* spp se torna mais expressiva devido a sua baixa densidade. Ainda sobre *Cyathea* spp, algo interessante a ser relatado é o fato de que um indivíduo, por estar muito próximo ao solo, teve a maior parte de seu cáudice incorporado ao solo fazendo com que a parte não incorporada tivesse altura menor que 1,3 m, estando abaixo do limite de inclusão, sendo, portanto, tratado numericamente como mortalidade.

Dos 38 indivíduos vivos de *Cyathea* spp em 2017, 13 apresentam qualidade do cáudice 3, ou seja, o cáudice possui tortuosidade, mas com um ângulo maior que 45° em relação ao solo, e nenhum indivíduo apresentou qualidade do cáudice 2 (tortuosidade menor de 45° em relação ao solo), porém com o tempo espera-se que ao menos parte dos 13 indivíduos aproxime-se do solo devido à ação de seu próprio peso, passando assim a ter qualidade do cáudice 2, e gradativamente incorporando seu cáudice ao solo.

Dos 2847 indivíduos vivos de *A. setosa* no ano de 2017 para 1,85 ha amostrados (37 unidades amostrais), 1066 possuem qualidade de cáudice 3 e 24 possuem qualidade de cáudice 2. Não foram registrados casos de incorporação do cáudice ao solo, mas foram observados vários casos em que indivíduos muito próximos acabaram por encostar-se e fazer um ao outro de apoio, evitando assim a queda. Também foram observados casos em que indivíduos estavam apoiados em árvores próximas.

Sobre *D. sellowiana*, mais especificamente sobre sua mortalidade, dos 13 indivíduos mortos no período de observações deste estudo, nove deles apresentaram o cáudice incorporado ao solo, da mesma maneira como ocorreu com *Cyathea* spp, e, portanto, foram tratados da mesma maneira. Dos quatro indivíduos restantes, para dois existe a probabilidade de haver recondução da coroa pois não foram completamente desmembrados do cáudice após serem atingidos por galhos de grande porte.

Dos 152 indivíduos vivos de *D. sellowiana* em 2017, 37 possuíam qualidade do cáudice 3 e 20 possuíam qualidade do cáudice 2, sugerindo que nos próximos anos possam ser incorporados ao solo.

Windisch, Nervo e Seibert (2008) em seu estudo com *D. sellowiana* relataram que esta espécie tem uma característica importante que é o potencial para desenvolvimento perene por meio de sucessivos tombamentos da parte ereta do cáudice e regeneração do mesmo, ou



seja, resiliência. Em caso de tombamento, a coroa seria posta em um micro-habitat distinto do original, fazendo com que novas frondes sejam produzidas juntas ao estrato herbáceo com consequentes reflexos no seu desenvolvimento. Os autores ainda ressaltaram que a porção do cáudice prostrada pode ser maior na ocasião da medição devido à decomposição das partes mais velhas e que em alguns casos, e também mencionaram que o processo de tombamento possa ser mais lento passando por uma fase inclinada.

No presente estudo observou-se que a maioria dos casos de mortalidade das samambaias arborescentes é devido a fragilidade dos cáudices em resposta à queda de galhos ou árvores. Dos estudos sobre dinâmica de samambaias arborescentes, tem-se Weber et al. (2015) sobre a dinâmica e estrutura de *Dicksonia sellowiana* em remanescente de Floresta Ombrófila Mista (Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS). Os autores caracterizaram a dinâmica desta espécie nos anos de 2000/2003/2006/2009, com todos os indivíduos com CAP  $\geq 30$  cm e altura  $\geq 1,30$  m mensurados. Não houve diferença perceptível quanto ao número de espécimes que ingressaram e morreram, sendo que as respectivas taxas se mostraram dentro dos limites esperados para florestas maduras. Os incrementos periódicos anuais em diâmetro foram de 0,20 cm, -0,015 cm e 0,28 cm, com a justificativa para o incremento negativo que, no respectivo período, houve menor intensidade de chuvas, e o incremento periódico anual em altura foram de 0,097 m, 0,067 m e 0,093 m, justificando da mesma forma o menor incremento em altura como justificado com o diâmetro. Para o presente estudo o incremento periódico anual em diâmetro foi negativo como já explanado, e para a altura tem-se a média de 0,05 m, resultado inferior ao de Weber et al. (2015) o que pode ser justificado pelo limite de inclusão diferenciado. Porém, os resultados do presente estudo são similares ao de Biondi et al. (2009) em seu estudo na Fazenda Experimental de Rio Negro, da Universidade Federal do Paraná, que mensurou todos os indivíduos de *D. sellowiana* presentes.

Ainda sobre o estudo de Weber et al. (2015), não foram observadas mudanças expressivas na estrutura diamétrica nos quatro períodos de avaliação (número constante de indivíduos), porém as análises da distribuição de altura demonstraram claras variações entre os anos.

Para demonstrar a estrutura populacional nos dois anos (2014 e 2017), foram utilizadas todas as alturas dos indivíduos vivos nos referidos anos, utilizaram-se os dados dos indivíduos vivos com a altura mensurada e para os indivíduos vivos cuja altura não foi mensurada, somou-se a média do incremento periódico à altura do ano de 2014 (Figuras 41,

42 e 43). Das três estruturas populacionais, a única que apresenta oscilação é *A. setosa* e apenas para as classes acima 5,3 m. As classes com altura menor que 5,3 m apresentam uma aparente estabilidade entre os dois cenários.

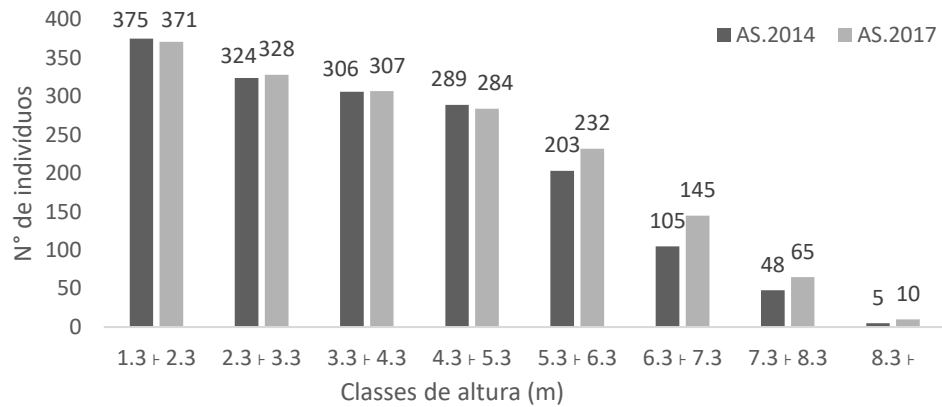


Figura 41: Estruturas populacionais de *Alsophila setosa* para os cenários de 2014 (AS.2014) e 2017 (AS.2017) na Área 1, na Floresta Nacional de Irati (PR).

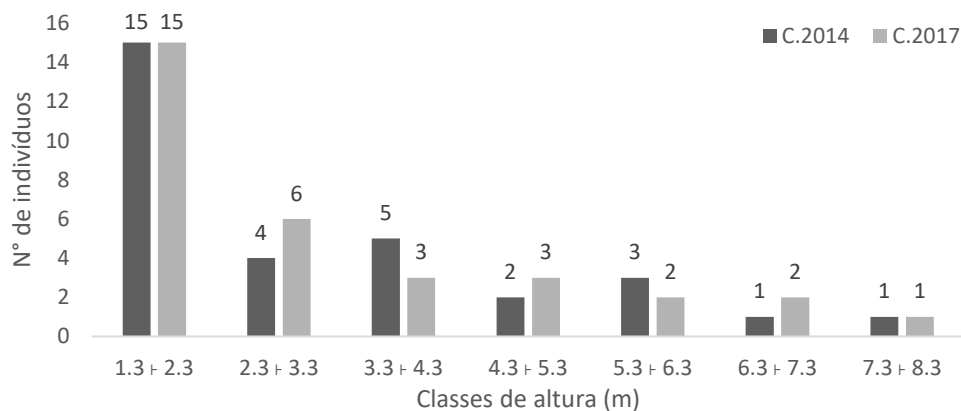


Figura 42: Estruturas populacionais de *Cyathea* spp para os cenários de 2014 (C.2014) e 2017 (C.2017) na Área 1, na Floresta Nacional de Irati (PR).

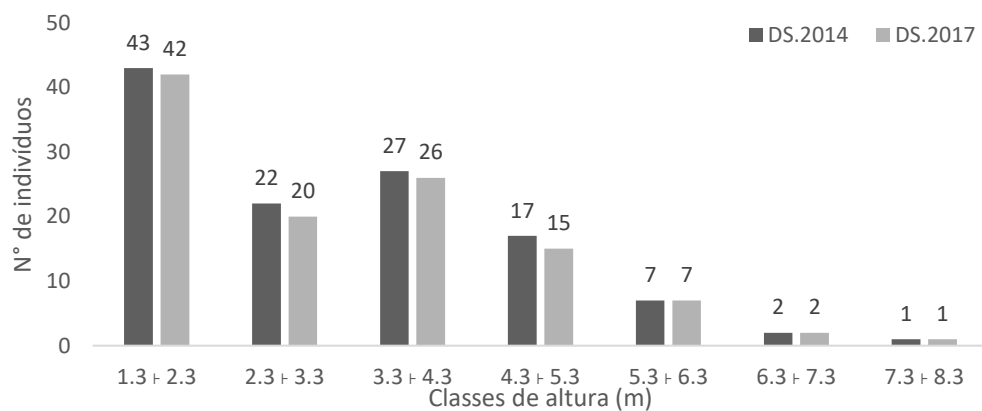


Figura 43: Estruturas populacionais de *Dicksonia sellowiana* para os cenários de 2014 (DS.2014) e 2017 (DS.2017) na Área 1, na Floresta Nacional de Irati (PR).

Ainda vale ressaltar que mais pesquisas sobre as populações de *D. sellowiana* são essenciais para o aprimoramento de sua biologia e ecologia, visando subsidiar estratégias de conservação e quiçá, num futuro não muito distante, auxiliar em estratégias de manejo também, o que vem a concordar com Weber et al. (2015).

Ainda dentro do gênero *Dicksonia*, tem-se o estudo de Bystriakova, Bader e Coomes (2011) na Nova Zelândia, que buscaram compreender crescimento, morte e recrutamento desse gênero. Foram estimados a partir de um registro de 38 anos das alturas dos indivíduos e constataram que *Dicksonia squarrosa*, regenera-se vegetativamente a partir de brotos aéreos e foi considerada comum, com taxas de mortalidade e recrutamento mais altas que as das duas espécies de *Cyathea* tolerantes à sombra, sugerindo que esta espécie tem comportamento diferente das espécies de *Cyathea*.

Sobre o gênero *Cyathea*, Bystriakova, Bader e Coomes (2011) relataram que duas espécies de *Cyathea* foram consideradas comuns e duas raras, sendo que as espécies comuns possuem taxas mais baixas de crescimento, recrutamento e mortalidade do que as espécies raras, as quais tinham distribuições etárias diferenciadas e, provavelmente, foram recrutadas logo após um terremoto catastrófico em 1855. Já as duas espécies raras não conseguiram recrutar em florestas fechadas, suas distribuições etárias indicam que todas haviam se regenerado muito depois do terremoto. Os autores ainda relataram que as samambaias arborescentes do gênero *Cyathea* ocupam nichos distintos ao longo de um espectro de tolerância à sombra e suas abundâncias relativas são fortemente influenciadas pelo histórico de perturbações. O estudo fornece evidências de que as espécies de samambaia arbórea diferem fortemente em suas respostas à perturbação do dossel e não são ecologicamente equivalentes.

### 3.5 CONCLUSÃO

*A. setosa* está entre as espécies mais importantes para ambas as áreas – floresta nativa e plantio de Araucária, enquanto que *D. sellowiana* está entre as mais importantes apenas na floresta nativa. Já as espécies de *Cyathea* não estão entre as mais importantes em ambas as áreas – floresta nativa e plantio de Araucária.

As epífitas mais presentes nas samambaias arborescentes são as briófitas, as pteridófitas e as angiospermas não identificadas, para ambas as áreas – floresta nativa e plantio de Araucária.

A área de floresta nativa possui maior diversidade de espécies que a área de plantio de Araucária.

A distribuição espacial das quatro espécies de samambaias arborescentes é a agregada.

O percentual de ingressos mais expressivo é de *Cyathea* spp, bem como para a taxa de mortalidade, havendo mais indivíduos ingressantes que mortos. A maior causa de mortalidade das samambaias arborescentes é em resposta à queda de galhos ou árvores.

Sobre o incremento do diâmetro à altura do peito e da área transversal, os valores negativos corroboram com o fato de a população ter sua estrutura fundamentada na variável altura, mesmo havendo valores nulos, mas não valores negativos.

Independente do grau de complexidade da análise dos dados da dinâmica em si, e se estes são ou não correlacionados com outros fatores que exercem influência sobre a floresta, todos são válidos diante da necessidade de se conhecer a floresta com maior riqueza de detalhes para que saibamos se saiba qual é a melhor maneira de “conversar” com ela e assim, chegar a um consenso de qual é a melhor razão custo/benefício diante dos cenários passado, atual e futuro, ou seja, a tão sonhada sustentabilidade.

## REFERÊNCIAS

ALDER, D.; SYNNOTT, T.J. **Permanent sample plot techniques for mixed tropical forest**. Oxford: Oxford Forestry Institute, Department of Plant Sciences, University of Oxford, 1992. 231 p. (Tropical Forestry Papers, 25).

ARAÚJO, A. C. B.; CALLEGARO, R. M.; GRACIOLI, C. R.; KANIESKI, M. R.; FLOSS, P. A.; LONGHI, S. J. Análise do padrão de distribuição espacial do xaxim (*Dicksonia sellowiana* (Presl.) Hooker) em uma amostra de Floresta Ombrófila Mista em São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brasil. In: CONGRESSO DE MEIO AMBIENTE DA AUGM, 6., 2009, São Carlos. **Anais eletrônicos...** São Carlos: AUGM, 2009. p. 6. Disponível em: <<http://www.ambiente-augm.ufscar.br/uploads/A1-013.pdf>>. Acesso em: 02/julho/2018.

BATISTA, J. L. F.; COUTO, H. T. Z.; SILVA FILHO. **Quantificação de recursos florestais: árvores, arvoredos e florestas**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014, 384p.

BIONDI, D.; LEAL, L.; MARTINI, A.; NATAL, C. M.. Caracterização dendrométrica de *Dicksonia sellowiana* Hook. em povoamento de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. **Cerne**, Lavras. 2009; v. 15, n. 4, p. 453-459.

BLUME, M.; RECHENMACHER, C.; SCHMITT, J. L.. Padrão de Distribuição Espacial de Samambaias no Interior Florestal do Parque Natural Municipal da Ronda, Rio Grande do Sul, Brasil. **PESQUISAS, BOTÂNICA**; São Leopoldo, 2010. N° 61:219-227.

BYSTRIAKOVA, N.; BADER, M.; COOMES, D. A.. Long-term tree fern dynamics linked to disturbance and shade tolerance. **Journal of Vegetation Science**. 2011. V. 22, p. 72–84. Doi: 10.1111/j.1654-1103.2010.01227.

CAGLIONI, E., CURCIO, G. R., UHLMANN, A., BONNET, A.. Estrutura e diversidade do componente arbóreo de Floresta Atlântica no Parque Nacional da Serra do Itajaí, Santa Catarina. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 45, n. 2, p. 289 - 302, abr. / jun. 2015. ISSN eletrônico 1982-4688. DOI: 10.5380/uf.v45i2.33499.

CAGLIONI, E. **Florística e Fitossociologia do Componente Arbóreo e Epifítico em Segmento de Encosta e Margem de Rio no Parque Nacional da Serra do Itajaí – SC**. Dissertação (Mestrado, Área de concentração: Conservação da Natureza) Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2013, 93p.

CAMPOS, J.C.C.; LEITE, H.G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 2.ed. Viçosa: UFV, 2006. 470p.

CARVALHO, J.O.P. Dinâmica de florestas naturais e sua implicação para o manejo florestal. In: SIMPÓSIO SILVICULTURA NA AMAZÔNIA ORIENTAL: Contribuições do Projeto EMBRAPA, 1999, Belém, **Anais...** Belém: EMBRAPA, 1999, p. 174-179.

CHAMBERS, J.Q.; HIGUCHI, N.; SCHIMEL, J.P. Ancient trees in Amazônia. **Nature**, v. 391, p. 135-136, 1998.

COSTA, M. P.; PEREIRA, J. A. A.; FONTES, M. A. L.; MELO, P. H. A.; PÍFANO, D. S.; PELLICCIOTTI, A. S.; POMPEU, P. V.; SILVA, R. A. Estrutura e diversidade da comunidade arbórea de uma Floresta Superomontana, no Planalto de Poços de Caldas (MG). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 711-725, out.-dez., 2011.

CURTIS, J.T., MCINTOSH, R.P. The interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological characters. **Ecology**, [S. L.] 1950; 31 (3): 434-455.

DURIGAN, G. Estrutura e Diversidade de Comunidades Florestais. In: MARTINS, S. V. (editor) **Ecologia de Florestas Tropicais do Brasil**. 2 ed, Viçosa, Ed. UFV, 2012, 371p.

ENCINAS, J.I.; SILVA, G.F.; PINTO, J.R.R.. **Idade e crescimento das árvores**. Brasília: UnB, 2005. 40p.

FIGUEIREDO FILHO A.; DIAS A. N.; WATZLAWICK L. F. **INVENTÁRIO DAS FLORESTAS NATURAIS NA FLORESTANACIONAL DE IRATI, ESTADO DO PARANÁ**. [on line]. 2006. 188 p.

FITOCOM – APLICATIVO WEB PARA ANÁLISES FITOSSOCIOLÓGICAS, versão 1.5. Disponível em: < <https://higuchip.shinyapps.io/FitoCom/> >. Acesso em 01/dezembro/2019.

FRAGA, L. L. **Diversidade e Aspectos Ecológicos de Epífitos Vasculares Sem Sementes: Uma contribuição para a conservação da Floresta Ombrófila Mista**. Dissertação (Mestrado em Gestão Tecnológica: Qualidade Ambiental). Centro Universitário FEEVALE, Novo Hamburgo. 2007, 65p.

FRAGA, L.L.; DA SILVA, L.B.; SCHMITT, J.L. Composição e distribuição vertical de pteridófitas epifíticas sobre *Dicksonia sellowiana* Hook. (Dicksoniaceae), em floresta ombrófila mista no sul do Brasil. **Biota Neotrop.**, vol. 8, no. 4, Out./Dez. 2008.

GASTAUER, M.; MEIRA-NETO, J. A. A. A multifacetada diversidade biológica e suas medições. In: In: EISENLOHR, P. V.; FELFILI, J. M.; MELO, M. M. R. F.; ANDRADE, L. A.; MEIRA NETO, J. A. A. (editores). **Fitossociologia no Brasil: Métodos e Estudos de Casos**. Volume II, Viçosa, Editora UFV, 2015, 474p.

GASPER, A. L.; SEVEGNANI, L.; VIBRANS, A. C.; UHLMANN, A.; LINGNER, D. V.; VERDI, M.; DREVECK, S.; SANTOS, A. S.; BROGNI, E.; SCHMITT, R.; KLEMZ, G. Inventário de *Dicksonia sellowiana* Hook. em Santa Catarina. **Acta Botanica Brasilica** 25(4): 776-784. 2011.

GIEHL, E. L. H.; BUDKE, J. C. Aplicação do método científico em estudos fitossociológicos no Brasil: em busca de um paradigma. In: FELFILI, J. M.; EISENLOHR, P. V.; MELO, M. M. R. F.; ANDRADE, L. A.; MEIRA NETO, J. A. A. **Fitossociologia no Brasil: Métodos e Estudos de Casos**. Volume I, 1 reimpressão - revista, Viçosa, Editora UFV, 2013, 556.

GOMIDE, G.L.A. **Estrutura e dinâmica de crescimento de florestas tropicais primária e secundária no Estado do Pará**. 1997. 179 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

GREINER, C. M.; ACRA, L. A. **Composição Florística e Fitossociológica do componente arbóreo de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista no Parque Estadual de Vila Velha, Ponta Grossa, Paraná**. 2009. Disponível em: <[http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Pesquisa%20em%20UCs/resultados%20de%20pesquisa/TCC\\_Calina\\_Greiner.pdf](http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Pesquisa%20em%20UCs/resultados%20de%20pesquisa/TCC_Calina_Greiner.pdf)>. Acesso em: 11/agosto/2015.

HIGUCHI, P.; SILVA, A. C.; ALMEIDA, J. A.; BORTOLUZZI, R. L. C.; MANTOVANI, A.; FERREIRA, T. S.; SOUZA, S. T.; GOMES, J. P.; SILVA, K. M.. Florística e estrutura do componente arbóreo e análise ambiental de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Alto-montana no município de Paineira, SC. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 1, 2013.

HOSOKAWA, R.T.; MOURA, J.B.; CUNHA, U.S. **Introdução ao manejo e economia de florestas**. Curitiba: UFPR, 1998. 162p.

KERSTEN, R. A.; GALVÃO, F. Suficiência amostral em inventários florísticos e fitossociológicos. In: FELFILI, J. M.; EISENLOHR, P. V.; MELO, M. M. R. F.; ANDRADE, L. A.; MEIRA NETO, J. A. A. **Fitossociologia no Brasil: Métodos e Estudos de Casos**. Volume I, 1 reimpressão - revista, Viçosa, Editora UFV, 2013, 556.

KLAUBERG, C.; PALUDO, G. F.; BORTOLUZZI, R. L. C.; MANTOVANI, A.. Florística e estrutura de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no Planalto Catarinense. **Revista Biotemas**, 2010, 23 (1): 35-47.

LEHN, C. R.; LEUCHTENBERGER, C.. Resistência ao fogo em uma população de *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch.) Domin (Cyatheaceae) no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Biotemas**, 21 (3): 15-21, setembro de 2008. ISSN 0103 – 1643.

LEHN, C. R.; RESENDE U. M. Estrutura Populacional e padrão de distribuição espacial de *Cyathea delgadii* Sternb. (Cyatheaceae) em uma Floresta Estacional Semidecidual no Brasil Central. **Revista Biociências**, n. 13, p. 188-195, 2007.

LERNER, J. **Modelagem biométrica e Fitossociologia de Pteridófitas Arborescentes em Floresta Ombrófila Mista**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, PR. 2016, 89 p.

MALLMANN, I. T.; ROCHA, L. D.; SCHMITT, J. L. Padrão de distribuição espacial de quatro espécies de samambaias em três fragmentos de mata ciliar do rio Cadeia, RS, Brasil. **Brazilian Journal of Biosciences**. 2013; 11 (2): 139-144.

MALLMANN, I. T.; SILVA, V. L.; PORT, R. K.; OLIVEIRA, F. B.; SCHMITT, J. L.. Spatial distribution analysis of *Dicksonia sellowiana* Hook. in Araucaria forest fragments with different sizes. **Brazilian Journal of Biology**, vol. 79, no. 2, pp. 337-344, 2019. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.186083>. ISSN 1678-4375.

MARQUES, M. M.; KRUPPEK, R. A.. Distribuição espacial e estrutura populacional de *Dicksonia sellowiana* Hook. em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista em União da Vitória, Paraná. **Ambiência**, Guarapuava (PR), 2014. v.10 Suplemento 1 p. 351 – 362. DOI: 10.5935/ambiencia.2014.supl.09.

MENDONÇA, A.C.A. **Caracterização e simulação dos processos dinâmicos de uma área de floresta tropical de terra firme utilizando matrizes de transição**. 2003. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR, 2003.

MIELKE, E. J. C. 2002. **ANÁLISE DA CADEIA PRODUTIVA E COMERCIALIZAÇÃO DO XAXIM, *Dicksonia sellowiana*, NO ESTADO DO PARANÁ**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais, na área de concentração em Economia e Política Florestal) Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2002, 90 p.

MORO, M. F.; MARTINS, F. R. Métodos de Levantamento do componente arbóreo-arbustivo. In: FELFILI, J. M.; EISENLOHR, P. V.; MELO, M. M. R. F.; ANDRADE, L. A.; MEIRA NETO, J. A. A. **Fitossociologia no Brasil: Métodos e Estudos de Casos**. Volume I, 1 reimpressão - revista, Viçosa, Editora UFV, 2013, 556.

MOSCOVICH, F. A.. **DINÂMICA DE CRESCIMENTO DE UMA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA EM NOVA PRATA, RS**. Tese de Doutorado em Ciências Florestais, Área de Concentração em Manejo Florestal pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), Santa Maria, RS, 2006. 130 p.

NEUMANN, M. K. **Monitoramento do Crescimento e da Fenologia de *Cyathea corcovadensis* (Raddi) Domin (Cyatheaceae), em Remanescente de Floresta Atlântica, RS, Brasil**. Dissertação de Mestrado em Qualidade Ambiental pelo Centro Universitário FEEVALE, Novo Hamburgo. 2010, p. 75.

OLIVEIRA, F. B.; MAUHS, J.; KÄFFER, M. I., SCHMITT, J. L.. Distribuição Espacial e Epífitos Vasculares de *Cyathea delgadii* Sternb. em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual no Sul do Brasil. **PESQUISAS, BOTÂNICA** N° 73: 165-182. São Leopoldo: Instituto Anchieta de Pesquisas, 2019. ISSN-2525-7412.

PIRES-O'BRIEN, M.J.; O'BRIEN, C.M. **Ecologia e modelamento de florestas tropicais**. Belém: FCAP, 1995. 400p.

PRIMACK, R.P.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Richard B. Primack e Efraim Rodrigues. Londrina, 2001. 328p.

REGINATO, M.; GOLDENBERG, R. Análise florística, estrutural e fitogeográfica da vegetação em região de transição entre as Florestas Ombrófilas Mista e Densa Montana, Piraquara, Paraná, Brasil. **Hoehnea** 34(3): 349-364. 2007.

ROSSI, L. M. B.. **Processo de difusão para simulação da dinâmica de florestal natural**. Tese de Doutorado em Ciências Florestais pela Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2007, p. 148.

SAKAGAMI, C. R. **PTERIDÓFITAS DO PARQUE ECOLÓGICO DA KLABIN, TELÊMACO BORBA, PARANÁ, BRASIL**. Dissertação de Mestrado em Botânica pelo Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. 2006, p. 212.

SCHMITT, J. L. **Estudos florísticos, ecológicos e do desenvolvimento em Cyatheaceae (Pteridophyta) no Rio Grande do Sul, Brasil**. Tese (Doutorado em Ciências: Botânica) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2005, 167 p.

SCHMITT, J.L.; BUDKE, J. C.; WINDISCH, P. G. 2005. Aspectos Florísticos e Ecológicos de Pteridófitas Epifíticas Em Cádices De *Dicksoniasellowiana* Hook. (Pteridophyta, Dicksoniaceae), São Francisco De Paula, RS, Brasil. **Pesquisas, Botânica** N° 56: 161-172 São Leopoldo: Instituto Anchieta de Pesquisas, 2005.

SCHMITT, J. L.; WINDISCH, P. G. Estrutura populacional e desenvolvimento da fase esporofítica de *Cyathea delgadii* Sternb. (Cyatheaceae, Monilophyta) no sul do Brasil. **Acta bot. bras.**, [on line], 21(3): 731-740. 2007.

SCHMITT, J. L.; WINDISCH, P. G. Aspectos ecológicos de *Alsophila setosa* Kaulf. (Cyatheaceae, Pteridophyta) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta bot. bras.**, [on line], 19(4): 859-865. 2005.

SCHMITT, J. L.; SCHNEIDER, P. H.; WINDISCH, P. G. Crescimento do cáudice e fenologia de *Dicksonia sellowiana* Hook. (Dicksoniaceae) no sul do Brasil. **Acta bot. bras.** 23(1): 282-291. 2009.

SCHNEIDER, P. H.; SCHMITT, J. L. Composition, community structure and vertical distribution of epiphytic ferns on *Alsophila setosa* Kaulf., in a Semideciduous Seasonal Forest, Morro Reuter, RS, Brazil. **Acta Botanica Brasilica** 25(3): 557-565. 2011.



SCHORN, L. A.. **Estrutura e dinâmica de estágios sucessionais de uma Floresta Ombrófila Densa em Blumenau, Santa Catarina.** Tese de Doutorado em Ciências Florestais pela Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2005, p. 192.

SOARES, C. P. B.; NETO, F. P.; SOUZA, A. L.. **Dendrometria e inventário florestal.** 2 ed. 1 reimpressão. Viçosa, Ed. UFV, 2012. 272p.

SOUZA, A. L.; SOARES, C. P. B. **Florestas Nativas – Estrutura, Dinâmica e Manejo.** Viçosa, Ed. UFV, 2013, 322 p.

WEBER, F. S.; LISBOA, G. S.; UBERTI, G. M.; LONGHI, S. J.; STEPKA, T. F.; KERVOLD, L. A.; MIRANDA, D. L. C.. DINÂMICA E ESTRUTURA DA ESPÉCIE *Dicksonia sellowiana* Hook. EM REMANESCENTE DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA. **Nativa**, Sinop, 2015. v. 03, n. 03, p. 171-178. ISSN: 2318-7670. Doi: 10.14583/2318-7670.v03n03a04.

WINDISCH, P. G.; NERVO, M. H.; SEIBERT, S. Crescimento perene em *Dicksonia sellowiana* Hook. (MONILOPHYTA, DICKSONIACEAE). **BOTÂNICA**, São Leopoldo: Instituto Anchieta de Pesquisas. N° 59: 287-298. 2008.

## CAPÍTULO IV – HIPSOMETRIA, VOLUMETRIA E FUNÇÕES DE AFILAMENTO PARA SAMAMBAIAS DE PORTE ARBORESCENTES

### RESUMO

Mesmo existindo a possibilidade de manejar as samambaias arborescentes, pouco se sabe sobre sua biometria de forma geral, carecendo de estudos que venham a dar subsídios para estratégias de manejo. Neste sentido, objetivou-se ajustar equações de hipsometria, volumetria e funções de afilamento para as samambaias arborescentes na Floresta Nacional de Irati (PR), caracterizou-se biometricamente quatro espécies (*Alsophila setosa*, *Cyathea corcovadensis*, *Cyathea phalerata* e *Dicksonia sellowiana*) por meio de dados do inventário em floresta nativa (Área 1) e plantio de Araucária (Área 2). Para a modelagem hipsométrica, volumétrica e funções de afilamento, utilizou-se dados de cubagem rigorosa de 35 indivíduos de *A. setosa* e 35 de *D. sellowiana*. Para *A. setosa*, a área basal da Área 1 foi de 14,3 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> e para a Área 2 foi de 5,23 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, sendo o volume, estimado pelo modelo de Schumacher-Hall em 60,015 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> para a Área 1, e 38,510 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> para a Área 2. Para *D. sellowiana*, o modelo de Henricksen é o mais adequado para estimar a altura total, e o modelo da linha reta para estimar a altura comercial. A área basal de *D. sellowiana* para a Área 1 foi de 5,41 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> e para a Área 2 foi de 0,39 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, sendo o volume total estimado pelo modelo de Stoate, de 17,971 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> para Área 1 e 1,306 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, e o volume comercial também estimado pelo modelo de Stoate, em 14,498 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> para a Área 1 e 1,039 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> para a Área 2. Para as funções de afilamento de *D. sellowiana*, polinômio do 5º grau demonstrou melhor desempenho. As quatro espécies de samambaias arborescentes estudadas apresentaram estrutura populacional com potencial para regeneração. Não existe relação hipsométrica para as espécies da família Cyatheaceae (*A. setosa* e gênero *Cyathea*) e para *D. sellowiana* o modelo de Henricksen é o mais adequado para estimar a altura total e o modelo da linha reta é o mais adequado para estimar a altura comercial. *A. setosa* possui área basal quase três vezes maior que *D. sellowiana* e conseqüentemente maior volume. Para a modelagem volumétrica de *A. setosa*, o modelo mais adequado é Schumacher-Hall enquanto que para *D. sellowiana*, o modelo de Stoate é o mais adequado para estimar tanto o volume total quanto comercial. O polinômio do 5º grau demonstrou melhor desempenho para realizar o sortimento de *D. sellowiana*.

**Palavras-chave:** *Alsophila setosa*, *Cyathea* spp, *Dicksonia sellowiana*, Schumacher-Hall, Henricksen, Stoate.

## HIPSOMETRY, VOLUMETRY AND TAPER FUNCTIONS FOR TREE FERNS

### ABSTRACT

Even though there is a possibility to manage arborescent ferns, little is known about their biometrics in general, lacking studies that will provide support for management strategies. In this sense, the objective was to adjust equations of hypsometry, volumetry and tapering functions for arborescent ferns in the National Forest of Irati (PR), biometrically characterized four species (*Alsophila setosa*, *Cyathea corcovadensis*, *Cyathea phalerata* and *Dicksonia sellowiana*) with inventory data in native forest (Area 1) and Araucaria plantation (Area 2). For hypsometric and volumetric modeling and tapering functions, rigorous cubing data from 35 individuals from *A. setosa* and 35 from *D. sellowiana* were used. For *A. setosa*, the basal area of Area 1 was 14.3 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> and for Area 2 it was 5.23 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, the volume being estimated by the Schumacher-Hall model at 60.015 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> for Area 1, and 38,510 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> for Area 2. For *D. sellowiana*, Henricksen's model is the most suitable for estimating the total height, and the straight line model for estimating the commercial height. The basal area of *D. sellowiana* for Area 1 was 5.41 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> and for Area 2 it was 0.39 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, the total volume estimated by the Stoate model being 17.971 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> for Area 1 and 1.306 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, and the commercial volume also estimated by the Stoate model, at 14.498 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> for Area 1 and 1.039 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> for Area 2. the tapering functions for *D. sellowiana*, 5th degree polynomial, showed better performance. The four species of tree ferns studied showed population structure with potential for regeneration. There is no hypsometric relationship for species of the Cyatheaceae family (*A. setosa* and *Cyathea* genus) and for *D. sellowiana* the Henricksen model is the most suitable for estimating the total height and the straight line model is the most suitable for estimating height commercial. *A. setosa* has a basal area almost three times greater than *D. sellowiana* and, consequently, greater volume. For the volumetric modeling of *A. setosa*, the most suitable model is Schumacher-Hall whereas for *D. sellowiana*, the Stoate model is the most suitable for estimating both total and commercial volume. The 5th degree polynomial showed better performance to perform the assortment of *D. sellowiana*.

**Keywords:** *Alsophila setosa*, *Cyathea* spp, *Dicksonia sellowiana*, Schumacher-Hall, Henricksen, Stoate.

## 4.1 INTRODUÇÃO

No meio do século XIX houve, de maneira global, um aumento no cultivo de plantas raras e incomuns. Os fetos arborescentes (samambaias arborescentes) tornaram-se desejáveis e os colecionadores de plantas procuraram no mundo por espécies desconhecidas (LARGE; BRAGGINS, 2004).

Na Nova Zelândia, as samambaias arborescentes embelezam pátios ao longo de paredes protegidas, e podem ser utilizadas como cercas vivas com resultados incomuns, mas raramente se dão bem em plantações de ruas, exceto em áreas com climas quentes e úmidos (LARGE; BRAGGINS, 2004). Ainda segundo estes autores, na Nova Zelândia e na Austrália, grande parte desse material de construção é adquirido a partir de florestas plantadas e, que de outro modo, seria destruído durante as operações de corte, sendo que na Austrália, o mesmo se aplica a *Dicksonia antarctica* que hoje é comercializada internacionalmente. Diante disto, é notável que o manejo de samambaias arborescentes em terras brasileiras também é viável, desde que se tenha o conhecimento sobre sua biologia e sua biometria (volume entre outros dados), por questões de planejamento e sustentabilidade.

Nos estudos florestais, um dos principais objetivos é a obtenção de volume, variável importante e que reflete o potencial do local estudado. Uma das principais maneiras, que visa facilitar a obtenção de volumes e consequentemente reduzir os custos do inventário, é o uso de equações volumétricas. Elas servem para estimar o volume de uma determinada área a partir da medição de variáveis de fácil obtenção que possuam algum tipo de relação com o volume (MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2003).

O procedimento de maior uso na estimativa do volume individual é o emprego de equações com o volume como variável dependente, associado a variáveis independentes de fácil mensuração na floresta, como o diâmetro à altura do peito e a altura (MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2003). De acordo com Veiga (1984) todas as equações volumétricas são empíricas e, por isso, faz-se necessário ajustá-las com frequência, para adaptá-las a diferentes espécies, idades, espaçamentos e regiões.

Em qualquer tipo de floresta, é evidente a variação na forma dos fustes dos indivíduos devido a inúmeros fatores. Essas variações influenciam nas tomadas de decisões sobre o sortimento, ou seja, no melhor aproveitamento possível do fuste. Segundo Scavinski

et al. (2012), a obtenção de estimativas eficientes para cada diâmetro comercial pré-definido permite auxiliar nas decisões de manejo e no planejamento econômico do povoamento.

As funções de afilamento são modelos que expressam o perfil longitudinal do tronco, que, segundo Prodan et al. (1997), permitem conhecer o diâmetro ao longo do fuste, a altura total, a altura em que se encontra determinado diâmetro e volume entre diferentes segmentos do fuste, tornando-se uma importante ferramenta estatística para uso frequente na determinação do volume, seja total ou em quaisquer segmentos.

Embora em termos de precisão as funções de afilamento e as equações de volume sejam equivalentes, a primeira é mais interessante, na medida em que se consegue estimar o volume de qualquer porção da árvore (SCOLFORO, 1993).

Uma variável importante a ser considerada é a altura. Esta pode ser medida ou estimada, sendo utilizada para o cálculo do volume e de incrementos em altura e volume. Quando se trabalha com estimativas, a altura pode fazer parte como variável independente em equações de volume, funções de afilamento, entre outros tipos possíveis de relações biométricas (MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2003).

Diante da carência de dados sobre samambaias arborescentes, tornam-se importantes pesquisas envolvendo a biometria dessas plantas para que venham dar subsídios a estratégias de manejo, a exemplo de ferramentas que auxiliem nas estimativas de volume, garantindo a sustentabilidade da espécie.

## **4.2 OBJETIVOS**

### **4.2.1 Objetivo geral**

Ajustar modelos hipsométricos, volumétricos e funções de afilamento para as samambaias arborescentes.

### **4.2.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar biometricamente as quatro espécies de samambaias arborescentes na área estudada;
- Descrever a qualidade comercial das quatro espécies samambaias arborescentes na área estudada;

- Ajustar modelos hipsométricos e volumétricos para as espécies *Alsophila setosa* e *Dicksonia sellowiana*.
- Ajustar funções de afilamento para a espécie *Dicksonia sellowiana*.

## 4.3 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.3.1 Área de estudo

A presente pesquisa foi realizada na Floresta Nacional de Irati, no Estado do Paraná. O detalhamento da área com sua vegetação, tipo de solo, localização e sistema de amostragem, estão descritos no Capítulo 1.

### 4.3.2 Determinação e análise das variáveis biométricas

Foi adotado o limite de inclusão de acordo com Mantovani (2004), ou seja, as samambaias de porte arborescentes que não apresentaram DAP (diâmetro a altura do peito) foram consideradas como regeneração, portanto as samambaias arborescentes que não apresentaram altura suficiente para mensurar o DAP não foram incluídas. Todas as samambaias arborescentes amostradas foram distinguidas com etiquetas metálicas numeradas e fixadas no cáudice com fio de nylon.

Para todos os indivíduos foram medidos CAP (circunferência à altura do peito) com fita métrica e altura total com régua telescópica e, no caso de *Dicksonia sellowiana*, também foi mensurada a altura comercial, de acordo com Biondi et al. (2009), que consideram como altura comercial a altura do cáudice medido do solo até as primeiras cicatrizes deixadas pelas folhas mortas. Para espécies da família *Cyatheaceae* não foi encontrada uma definição de altura comercial, portanto foi medida apenas a altura total.

Objetivando aprimorar a avaliação foram elaboradas oito classes de qualidade do cáudice das samambaias arborescentes, descritos na Tabela 24, com base em questões paisagísticas. Esta metodologia foi utilizada por Lerner (2016), que além dos quesitos paisagísticos também utilizou como base o estudo de Windisch, Nervo e Seibert (2008). Estes mesmos autores relataram que *Dicksonia sellowiana* possui considerável resiliência diante do seu potencial para desenvolvimento perene, por meio de tombamentos sucessivos da parte ereta do cáudice e respectiva regeneração, possibilitando até mesmo que a porção do cáudice

prostrada seja maior do que aparenta, devido a decomposição das partes mais antigas, além de que em alguns casos, também é possível que o processo de tombamento seja gradual passando por uma fase inclinada.

Tabela 24: Classes de Qualidade do cáudice com base em questões paisagísticas.

Classe de Qualidade	Descrição
8	Samambaia arborescente com cáudice retilíneo.
7	Samambaia arborescente com cáudice retilíneo, mas com certo grau de inclinação.
6	Samambaia arborescente com cáudice inclinado com coroa redirecionada em resposta ao fototropismo.
5	Samambaia arborescente apresentando ao menos uma coroa secundária com altura comercial maior que 0,5 m.
4	Samambaia arborescente apresentando mais de uma coroa.
3	Samambaia arborescente com cáudice sinuoso e com ângulo maior que 45° em relação ao solo.
2	Samambaia arborescente com cáudice sinuoso e com ângulo menor que 45° em relação ao solo.
1	Samambaia arborescente com mais de uma coroa e a coroa principal apresentava-se morta. *

\*Os xaxins que possuíam ao menos uma coroa secundária com altura comercial maior que 0,5 m, receberam a qualidade 5. Os espécimes que possuem a coroa principal morta, mas não possuem coroas secundárias, são espécimes mortos que não foram considerados neste estudo. Fonte: LERNER (2016).

Para a estrutura populacional foram elaboradas classes de altura, em que cada classe possui um metro de amplitude, iniciando-se com a altura mínima de inclusão (1,3 m). Para a cubagem rigorosa foram utilizadas classes de altura distintas, descritas a seguir.

#### 4.3.3 Cubagem rigorosa

Para elaborar os ajustes foram empregados somente dados provenientes da Área 1 por questões de logística, porém a estimativa (volumétrica) da Área 2 também foi realizada, assumindo não haver diferenças estatísticas.

Para a cubagem rigorosa foram selecionados 35 indivíduos de *Dicksonia sellowiana* e de *Alsophila setosa*, somando 70 indivíduos distribuídos proporcionalmente dentro das classes de altura total sendo que estas foram definidas pela fórmula de Sturges. Foi utilizada a fórmula de Smalian para cubagem e para obter o volume da última seção de cada indivíduo (ponteira) também foi utilizada a fórmula de Smalian.

As medidas dos diâmetros foram feitas a cada metro, com suta. O método de cubagem escolhido foi o não destrutivo porque *D. sellowiana* está na lista da flora ameaçada de extinção. Para tanto, contou-se com o auxílio de escada e, em específico para os espécimes de *Alsophila setosa*, foram selecionados os indivíduos localizados próximos a uma árvore para utilização de escada, pois as mesmas não suportam o peso de uma pessoa. Esta metodologia foi adaptada de Biondi et al. (2009). Também foram tomados os diâmetros nas alturas relativas de 0, 25, 50, 75 e 100% com a finalidade de desenvolver funções de afilamento.

#### 4.3.3.1 Modelos hipsométricos

Foram ajustados modelos hipsométricos lineares e não lineares (Tabela 25).

Tabela 25: Modelos hipsométricos ajustados para *Dicksonia sellowiana* e *Alsophila setosa*.

Número	Modelo	Autor
1	$h = \beta_0 + \beta_1 \cdot d$	Linha Reta
2	$\log h = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln d$	Loestch
3	$h = \beta_0 + \beta_1 d^2 + \beta_2 d^3$	Finger
4	$h = \beta_0 + \beta_1 \ln d$	Henricksen
5	$\ln h = \beta_0 + \beta_1 \ln d$	Stoffells
6	$h = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2$	Parabólico

$d$  = diâmetro à altura do peito (cm),  $h$  = altura total (m),  $\beta$  = coeficientes a serem estimados.

#### 4.3.3.2 Modelos volumétricos

De acordo com a literatura (MIELKE, 2002), para a comercialização de *Dicksonia sellowiana*, era empregada a unidade “metro linear”, antes de sua proibição. Para as samambaias arborescentes da família *Cyatheaceae* não foram encontradas definições de unidades de medida para comercialização. Com o objetivo de fornecer uma descrição e quantificar as samambaias arborescentes de forma mais precisa, foram ajustados modelos volumétricos. Cabe ressaltar que samambaias arborescentes não são árvores, portanto não possuem troncos e nem mesmo casca. Neste caso não existe a necessidade em especificar volume com casca e sem casca, sendo empregado apenas volume. Os modelos volumétricos que foram ajustados estão na Tabela 26. Os modelos volumétricos não lineares foram linearizados para possibilitar a comparação.



Tabela 26: Modelos volumétricos ajustados para *Dicksonia sellowiana* e *Alsophila setosa*.

Número	Modelo	Autor
1	$v = \beta_0 + \beta_1 \cdot d^2 \cdot h$	Spurr
2	$v = \beta_1 \cdot d^2 + \beta_2 \cdot (d^2 \cdot h)$	Rezende <i>et al.</i> (2006)
3	$v = \beta_0 d^{\beta_1} h^{\beta_2}$	Schumacher-Hall
4	$v = \beta_0 + \beta_1 d^2 + \beta_2 (d^2 h) + \beta_3 h$	Stoate
5	$v = \beta_0 + \beta_1 \cdot d$	Kopezky-Gehrhardt

v = volume (m<sup>3</sup>), d = diâmetro a altura do peito (cm), h = altura total (m), β = coeficientes.

#### 4.3.3.3 Funções de afilamento

Comercialmente falando, existe aplicabilidade das funções de afilamento apenas para *D. sellowiana* devido a fabricação de vasos de diferentes diâmetros para plantas em aproveitamento das raízes adventícias (MIELKE, 2002), portanto, para as outras espécies não foram desenvolvidas funções de afilamento. Foram testados os modelos de Kozak et al. (1969) e o polinômio de quinto grau como segue:

a) Polinômio de Segundo Grau:

$$\left(\frac{di}{DAP}\right)^2 = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{hi}{h}\right) + \beta_2 \left(\frac{hi}{h}\right)^2$$

b) Polinômio de Quinto Grau:

$$\left(\frac{di}{DAP}\right) = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{hi}{h}\right) + \beta_2 \left(\frac{hi}{h}\right)^2 + \beta_3 \left(\frac{hi}{h}\right)^3 + \beta_4 \left(\frac{hi}{h}\right)^4 + \beta_5 \left(\frac{hi}{h}\right)^5$$

Em que β = coeficientes a serem estimados; di = diâmetro tomado a diferentes alturas (cm); h = altura total (m); hi = altura até uma seção do fuste (m); DAP = diâmetro a 1,3 m do solo (cm).

#### 4.3.3.4 Seleção dos modelos

Para a seleção do melhor modelo foram considerados os seguintes critérios estatísticos: maior Coeficiente de Determinação Ajustado (R<sup>2</sup>aj); menor Erro Padrão da Estimativa (Syx e Syx%); Análise Gráfica Residual homogênea e próxima a zero; Parâmetros (β) significativos ao nível α = 5% de probabilidade de erro.

Nos casos em que o modelo matemático apresentou maior R<sup>2</sup>aj, menor Syx e Syx% além da homogeneidade na análise gráfica, mas não apresentou parâmetros significativos, o mesmo foi reajustado excluindo-se os parâmetros não significativos.

Para os modelos matemáticos com emprego de logaritmos, o Erro Padrão da Estimativa (Syx e Syx%) e o  $R^2_{aj}$  foram recalculados para a variável de interesse (volume ou altura). Todos os modelos foram processados em software estatístico R (função 'lm').

#### 4.3.3.5 Fator de forma

O fator de forma, segundo Péllico Netto (1982), funciona como um fator de redução, sendo o mais antigo processo de estimativa volumétrica e criado com base no princípio geométrico da rotação dos corpos. Mais detalhadamente, considera-se que o volume real de um fuste represente uma porcentagem do volume de um cilindro de iguais medidas (circunferência e altura) (SOARES et al., 2012).

Foram trabalhados dados referentes às espécies *Alsophila setosa* e *Dicksonia sellowiana*, pois não foi realizada a cubagem para *Cyathea* spp devido a sua baixa densidade. Para a obtenção do fator de forma, baseou-se em literatura (SOARES et al., 2012), ou seja, ao se dividir o volume real pelo volume do cilindro, deve-se obter um valor de  $f < 1$ .

Para obter o volume do cilindro comparativo ao volume total real, foram utilizados o DAP ( $f_{1,3}$ ), e o  $d_i$  a 25% ( $f_{0,25,h}$ ) da altura total em conjunto com sua respectiva altura total. No caso de *D. sellowiana* referente à sua parte comercial, utilizou-se apenas o  $d_i$  a 25% ( $f_{0,25,hcom}$ ) com sua respectiva altura comercial, devido ao fato que parte das samambaias arborescentes cubadas possui altura comercial inferior a 1,3 m.

## 4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.4.1 *Alsophila setosa*

Foram amostrados, na Área 1, 2847 indivíduos de *A. setosa* contendo diâmetro à altura do peito mínimo de 5,7 cm, médio de 10,7 cm e máximo de 18,1 cm. Para a altura total encontrou-se os valores mínimo, médio e máximo de 1,3 m, 3,74 m e 8,9 m, respectivamente. Sobre a estrutura populacional (Figura 44), observou-se a queda de indivíduos nas classes, conforme aumentava a altura, em especial nas três últimas.

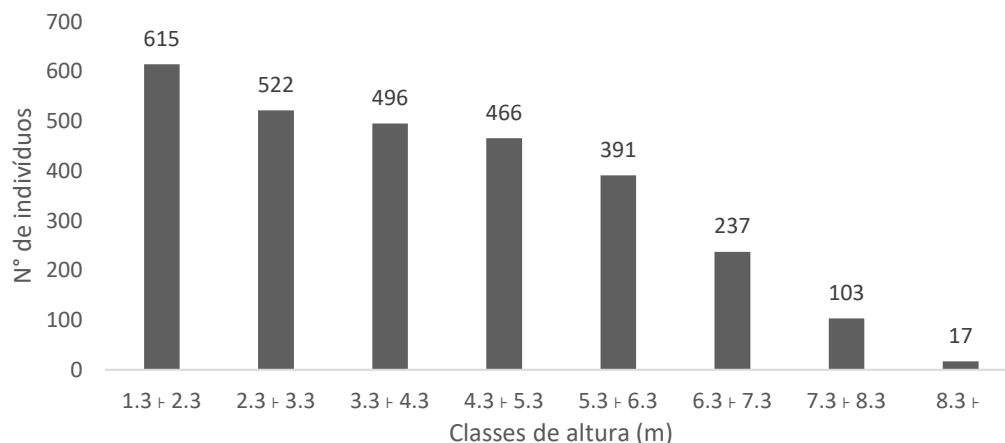


Figura 44: Estrutura populacional de *Alsophila setosa* em classes de altura na Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati, PR.

No Parque Estadual de Vila Velha (PR) indivíduos de *A. setosa* podem chegar a até 10 m de altura, de acordo com o estudo de Schwartsburd e Labiak (2007), porém os autores não mencionaram dados sobre diâmetro e estrutura populacional.

Schmitt (2005) em seu estudo sobre *Cyatheaceae* no Estado do Rio Grande do Sul encontrou indivíduos de *A. setosa* com alturas superiores a 10 m, mas não relatou sobre a amplitude diamétrica nem estrutura populacional. Os dados do presente estudo sobre altura corroboram com os dados de Schwartsburd e Labiak (2007) e Schmitt (2005).

Lerner (2016) trabalhando no mesmo local, encontrou dados semelhantes com o presente estudo para diâmetro à altura do peito, altura e estrutura populacional de *A. setosa*.

Schmitt e Windisch (2005) no Estado do Rio Grande do Sul encontraram mais indivíduos nas classes com alturas menores que nas classes com alturas maiores e relataram ainda, que em populações de *A. setosa* o número superior de indivíduos nas classes de menor altura, acompanhado de um número menor nas classes de maior altura pode indicar que a população está estável ou até mesmo pode estar em fase de expansão. Os dados do presente estudo sobre estrutura populacional corroboram com os dados de Schmitt e Windisch (2005), porém para saber se a população está estável ou em expansão devem ser realizados mais estudos.

Sobre a qualidade do cáudice (Tabela 27) percebe-se que a maioria possui qualidade de cáudice 3 (QC 3), seguida de porcentagens expressivas para QC 7 e QC 8. O fato da maioria ter QC 3 justifica-se pelo fato que espécimes de *A. setosa* são delgados e quanto maior sua altura, maior a dificuldade para suportar seu próprio peso, a ponto de serem encontrados, com certa rotina, indivíduos encostados/apoiados em árvores ou até mesmo em outros indivíduos de *A. setosa*, passando de retilíneo (QC 8) para inclinado (QC 7), seguido

da fase inclinado com coroa redirecionada (QC 6) ou até mesmo passando direto a apresentar tortuosidade (QC 3 e 2).

Tabela 27: Distribuição dos indivíduos (N) de *Alsophila setosa*, com respectiva porcentagem (%) para as oito classes de qualidade do cáudice (QC). Classes: 8 - Retilíneo. 7 - Inclinado. 6 - Inclinado com coroa redirecionada. 5 - Coroa secundária. 4 - Cáudice secundário > 0,5m. 3 - Tortuosidade > 45°. 2 - Tortuosidade até 45°. 1 - Coroa principal morta, na Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati, PR.

QC	N	%	Altura mínima	Altura máxima
1	2	0,07	2,29	4,60
2	24	0,84	3,88	8,6
3	1067	37,41	1,30	8,9
4	1	0,03	7,61	7,61
5	4	0,14	2,55	4,58
6	78	2,74	1,81	8,62
7	818	28,73	1,3	7,62
8	853	29,96	1,3	8,6

Para a Área 2, 661 espécimes de *A. setosa* apresentaram diâmetro à altura do peito de 7; 10,4 e 16 cm para valores mínimo, médio e máximo, respectivamente. Para a altura total os valores mínimo, médio e máximo foram, respectivamente, de 1,3; 3,55 e 8 m. Sobre a estrutura populacional para a Área 2 (Figura 45), constatou-se que os dados são corroborativos com Lerner (2016) e Schmitt e Windisch (2005), ou seja, há mais indivíduos nas classes de menores alturas, indicando potencial de regeneração.

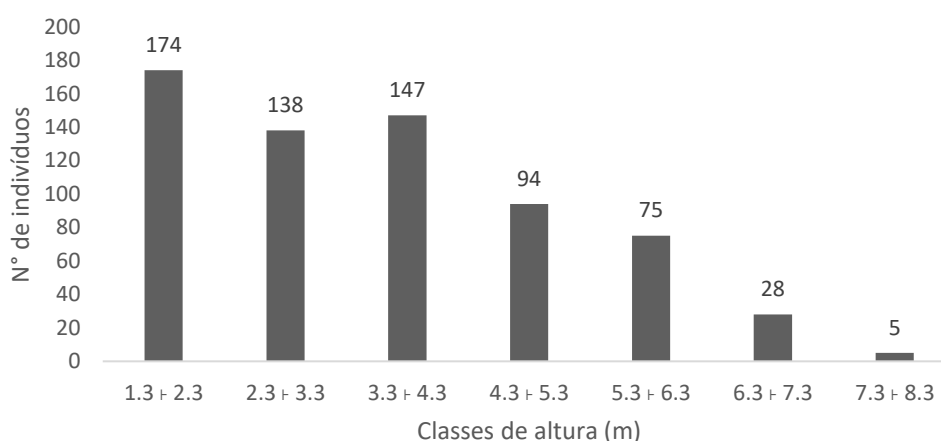


Figura 45: Estrutura populacional de *Alsophila setosa* em classes de altura na Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati, PR.

Sobre a qualidade de cáudice (tabela 28), nota-se que a metade possui QC 8, seguido do QC 7, QC 6 e QC 3.

Tabela 28: Distribuição dos indivíduos (N) de *Alsophila setosa*, com respectiva porcentagem (%) para as oito classes de qualidade do cáudice (QC). Classes: 8 - Retilíneo. 7 - Inclinado. 6 - Inclinado com coroa redirecionada. 5 - Coroa secundária. 4 - Cáudice secundário > 0,5m. 3 -Tortuosidade > 45°. 2 -Tortuosidade até 45°. 1 - Coroa principal morta, na Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati, PR.

QC	N	%	Altura mínima (m)	Altura máxima (m)
1	1	0,15	3,13	3,13
2	0	-	-	-
3	41	6,2	1,74	7,21
4	0	-	-	-
5	0	-	-	-
6	69	10,44	1,4	7,3
7	216	32,67	1,35	8
8	334	50,52	1,3	7,6

Sobre a hipsometria, ao analisar as figuras 46 (Área 1) e 47 (Área 2) nota-se que não existe relação hipsométrica para *A. setosa* e, portanto, não foi realizada a modelagem, assim como já relatado por Lerner (2016).

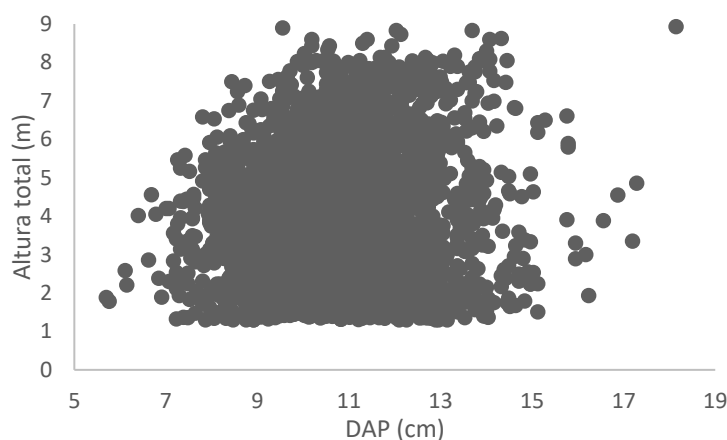


Figura 46: Diagrama de dispersão da altura total com seu respectivo DAP para *Alsophila setosa*, na Área 1 (1,85 ha), Floresta Nacional de Irati, PR.

Para o volume, após ajustados os modelos (Tabela 29) e avaliados os critérios de seleção juntamente com respectiva análise gráfica (Figura 48), optou-se pelo modelo 3, Schumacher-Hall.

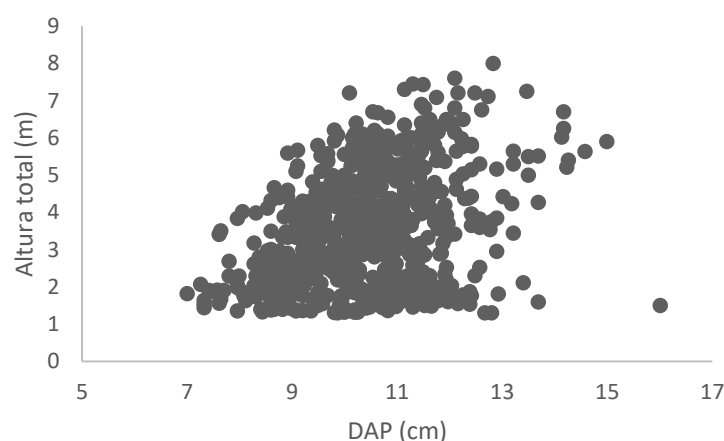


Figura 47: Diagrama de dispersão da altura total com seu respectivo DAP para *Alsophila setosa*, na Área 2 (1,1 ha), Floresta Nacional de Irati, PR.

Tabela 29: Coeficientes Estimados ( $\beta$ ), Coeficiente de Determinação ( $R^2_{aj}$ ) e Erro Padrão (Syx) da Estimativa em Porcentagem (Syx%) dos modelos volumétricos ajustados para *Alsophila setosa*, na Floresta Nacional de Irati, PR.

Modelo	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$R^2_{aj}$	Syx ( $m^3$ )	Syx %
1	ns	0,00008	-	-	0,54	0,011	35,36
2	-	ns	0,00008	-	0,54	0,011	35,36
3	-7,50063	1,17795	1,03718	-	0,88	0,006	18,60
4	ns	ns	ns	0,00852	0,78	0,008	24,49
5	ns	ns	-	-	0,03	0,017	52,24

ns – não significativo.

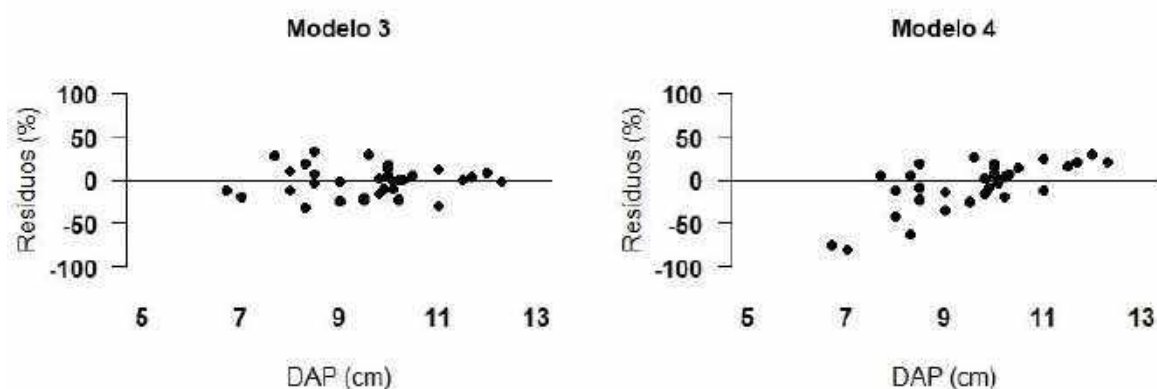


Figura 48: Dispersão de resíduos do volume para os melhores modelos ajustados para *Alsophila setosa*, na Floresta Nacional de Irati, PR.

Para as 37 unidades amostrais da Área 1, observou-se uma média de 76,9 indivíduos, com desvio padrão de 54,2 indivíduos. Para a área basal, obteve-se a média de 0,756  $m^2$  com desvio padrão de 0,490  $m^2$  e estimativa de 14,3  $m^2/ha$ . Para o volume, encontrou-se a média de 3,172  $m^3$  e desvio padrão de 2,22  $m^3$ , além da estimativa de 60,015  $m^3 \cdot ha^{-1}$ .

Para a distribuição do volume (Tabela 30) dentro da estrutura populacional, percebe-se que as classes de 4,3 a 6,3 m apresentaram a maior quantidade de volume, mesmo não sendo as mais numerosas, mostrando que a diferença em altura superou a diferença no número de indivíduos. Já para a área basal, percebeu-se um decréscimo que acompanhou o decréscimo de indivíduos de uma classe de altura para outra.

Tabela 30: Número de indivíduos (N), volume e área basal para os espécimes de *Alsophila setosa* nas respectivas classes de altura amostradas na Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati, PR.

Classe de altura (m)	N	Volume (m <sup>3</sup> )	Área basal (m <sup>2</sup> )
1,3 f 2,3	615	10,481	5,739
2,3 f 3,3	522	13,670	4,851
3,3 f 4,3	496	17,451	4,417
4,3 f 5,3	466	21,114	4,197
5,3 f 6,3	391	21,743	3,556
6,3 f 7,3	237	16,197	2,344
7,3 f 8,3	103	8,676	1,141
8,3 f	17	1,697	0,207

Lerner (2016), em trabalho realizado no mesmo local que o do presente estudo, encontrou estimativa de 50,5 m<sup>3</sup>/ha, porém havia uma densidade menor e o modelo utilizado para a estimativa volumétrica foi diferente do modelo do presente estudo, o que explica as diferenças, mesmo o erro sendo parecido (18,18%) com o do presente estudo.

Algo interessante a se relatar é que Lerner (2016) testou o modelo de Schumacher-Hall para a estimativa volumétrica, porém o mesmo não se apresentou dentre os melhores (erro de 26,32%). Talvez o fato de Lerner (2016) ter utilizado a fórmula de tronco de cone para o volume da ponteira e não a fórmula de Smalian como no presente estudo, possa explicar a diferença.

Para as 22 unidades amostrais da Área 2, foi encontrada a média de 30 indivíduos com desvio padrão de 36,8 indivíduos por unidade amostral. Para a área basal a média foi de 0,107 m<sup>2</sup>, com desvio padrão de 0,098 m<sup>2</sup> e estimativa de 5,23 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>. Para o volume obteve-se a média de 2,492 m<sup>3</sup>, com desvio padrão de 2,367 m<sup>3</sup> e estimativa de 38,510 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.

A estimativa volumétrica (por hectare) da Área 2 é menor que a Área 1 e também menor que a estimativa de Lerner (2016), diferença que pode ser explicada pelo baixo número de indivíduos.

Para a distribuição volumétrica (Tabela 31) dentro da estrutura populacional, houve maior quantidade de volume nas classes 3,3 a 6,3 m, fez com que a diferença em altura supere

a diferença em números de indivíduos. Assim como ocorreu na Área 1, houve um decréscimo na área basal que acompanhou o decréscimo no número de indivíduos.

Tabela 31: Número de indivíduos (N), volume para os espécimes de *Alsophila setosa* nas respectivas classes de altura amostradas na Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati, PR.

Classe de altura (m)	N	Volume (m <sup>3</sup> )	Área Basal (m <sup>2</sup> )
1,3 + 2,3	174	5,340	0,452
2,3 + 3,3	138	6,440	0,351
3,3 + 4,3	147	9,707	0,400
4,3 + 5,3	94	8,085	0,271
5,3 + 6,3	75	8,232	0,240
6,3 + 7,3	28	3,792	0,098
7,3 + 8,3	5	0,764	0,017

O fator de forma para *A. setosa* resultou em valores maiores que 1 ( $f_{1,3} = 1,59$ ;  $f_{0,25,h} = 1,72$ ). Segundo Soares et al. (2012), o valor do fator de forma deve ser menor ou igual a 1,0. Quando o valor é maior que 1, o mesmo não é considerado adequado e não deve ser utilizado. Tal resultado, pode ser explicado pelo fato que os diâmetros próximos à base, rotineiramente são menores que os diâmetros próximos ao ápice (Figura 49), fazendo com que o volume do cilindro seja consideravelmente menor que o volume real.

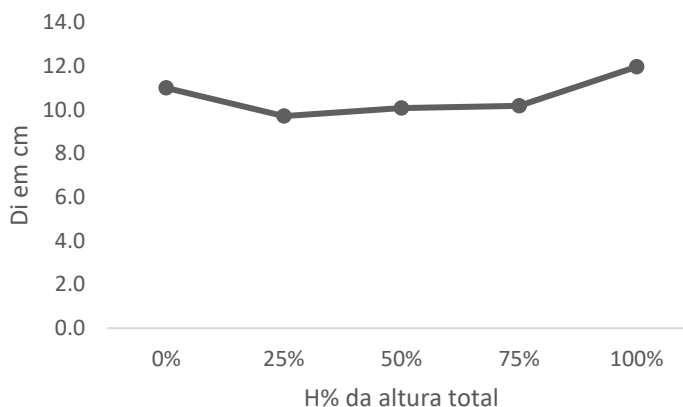


Figura 49: Perfil médio da altura total para *Alsophila setosa*, na Floresta Nacional de Irati, PR.

#### 4.4.2 *Cyathea* spp

Para a Área 1, os dois espécimes de *Cyathea corcovadensis* apresentaram diâmetro à altura do peito (DAP) mínimo, médio e máximo de 19,73 cm, 20,4 cm e 21,07 cm respectivamente, sendo que para a altura apresentaram um mínimo, médio e máximo de 1,55 m, 1,62 m e 1,69 m. Para os 36 indivíduos de *Cyathea phalerata*, observou-se DAP mínimo



de 10,4 cm, médio de 14,8 cm e máximo de 20,7 cm, sendo que para a altura foram observados valores mínimo, médio e máximo de 1,31 m, 3,36 m e 8,1 m.

Para a estrutura populacional (Figura 50), as duas espécies foram agrupadas, representando o gênero dentro da Área 1 de estudo.

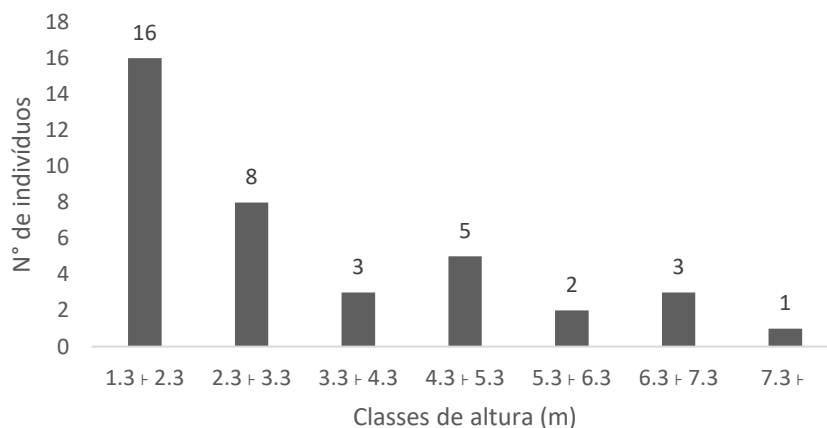


Figura 50: Estrutura populacional de *Cyathea* spp em classes de altura na Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati, PR.

Sobre a qualidade do cáudice (Tabela 32) é possível perceber os valores próximos entre as classes de qualidade de cáudice 8, 7 e 3. Ao contrário de *A. setosa*, para *Cyathea* spp não é rotineiro encontrar indivíduos apoiados em árvores ou em outra samambaia arborescente, talvez por seu diâmetro ser maior que *A. setosa*, suportando melhor seu próprio peso.

Tabela 32: Distribuição dos indivíduos (N) de *Cyathea* spp, com respectiva porcentagem (%) para as oito classes de qualidade do cáudice (QC). Classes: 8 - Retilíneo. 7 - Inclinado. 6 - Inclinado com coroa redirecionada. 5 - Coroa secundária. 4 - Cáudice secundário > 0,5m. 3 - Tortuosidade > 45°. 2 - Tortuosidade até 45°. 1 - Coroa principal morta, na Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati, PR.

QC	N	%	Altura mínima (m)	Altura máxima (m)
1	0	-	-	-
2	0	-	-	-
3	13	34,2	1,67	8,1
4	1	2,63	1,45	1,45
5	0	-	-	-
6	0	-	-	-
7	12	31,58	1,45	5,77
8	12	31,58	1,31	7,21

Em Piraquara, estado do Paraná, Bento e Kersten (2012), ao estudarem sobre pteridófitas em uma região de ecótono entre Floresta Ombrófila Densa e Floresta Ombrófila Mista que não sofre intervenção antrópica há mais de cem anos, encontraram indivíduos de

*Cyathea phalerata* com até 5 m de altura, mas não relataram sobre a amplitude diamétrica, nem estrutura diamétrica. Da mesma forma que os autores relataram que *Cyathea corcovadensis* pode apresentar até 3,5 m de altura, mas não relataram amplitude diamétrica, nem estrutura populacional. No presente estudo os espécimes de *C. phalerata* apresentaram alturas maiores, mesmo sendo uma área que não sofre intervenção antrópica há menos tempo que a área do estudo de Bento e Kersten (2012), diferenças estas que podem ser justificadas pela área de estudo de Bento e Kersten (2012) ser uma área de ecótono e a do presente estudo não ser, já que áreas de ecótono costumam apresentar características distintas.

Para *Cyathea corcovadensis* ainda tem-se o estudo de Schmitt (2005) no estado do Rio Grande do Sul, em que indivíduos apresentaram até 5 m, mas não foi descrita sua amplitude diamétrica e nem sua estrutura populacional. No presente estudo, os espécimes apresentaram altura inferior aos dos estudos de Bento e Kersten (2012) e Schmitt (2005) e, possivelmente, o fato de serem áreas com formações florestais distintas explique as diferenças. Lerner (2016), ao desenvolver estudo na mesma área no presente estudo, encontrou valores biométricos corroborativos para o gênero.

Para a Área 2, dos quatro indivíduos de *C. corcovadensis* tem-se DAP mínimo, médio e máximo de 14,6 cm, 16,9 cm e 20,5 cm respectivamente, sendo que para a altura apresentaram um mínimo, médio e máximo de 1,86; 2,11 e 2,5 m, respectivamente. Para os 2 indivíduos de *C. phalerata*, tem-se DAP mínimo, médio e máximo de 11,8 cm, 12,8 cm e 13,7 cm, respectivamente, sendo para a altura apresentaram um mínimo de 2,23 m, médio de 2,77 m e máximo de 3,32 m. Para representar a estrutura populacional (Figura 51), optou-se por unir as espécies, representando assim o gênero para a Área 2.

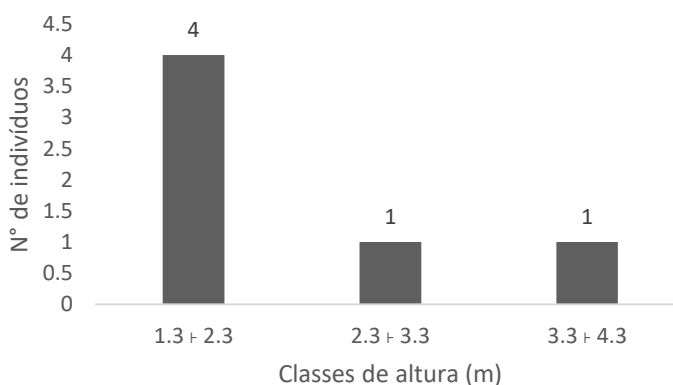


Figura 51: Estrutura populacional de *Cyathea* spp em classes de altura na Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati, PR.

Sobre a qualidade do cáudice (Tabela 33), observa-se que só há indivíduos nas classes de qualidade de cáudice 8, 7 e 6, não somente pela baixa densidade, mas também pelo fato que indivíduos menores tendem a ser mais retilíneos.

Tabela 33: Distribuição dos indivíduos (N) de *Cyathea* spp, com respectiva porcentagem (%) para as oito classes de qualidade do cáudice (QC). Classes: 8 - Retilíneo. 7 - Inclinado. 6 - Inclinado com coroa redirecionada. 5 - Coroa secundária. 4 - Cáudice secundário > 0,5m. 3 - Tortuosidade > 45°. 2 - Tortuosidade até 45°. 1 - Coroa principal morta, na Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati, PR.

QC	N	%	Altura mínima (m)	Altura máxima (m)
1	0	-	-	-
2	0	-	-	-
3	0	-	-	-
4	0	-	-	-
5	0	-	-	-
6	1	16,6	2,55	2,55
7	1	16,6	3,32	3,32
8	4	66,7	1,86	2,23

Os dados corroboram com os dados de Lerner (2016), tanto para diâmetro quanto para a altura. No caso da altura, os dados da área 2 divergem dos estudos de Bento e Kersten (2012) e Schmitt (2005), porém por serem áreas com formações florestais distintas, justificam-se as diferenças.

Optou-se por não realizar a modelagem hipsométrica, não apenas pela baixa densidade do gênero, mas também por não haver relação hipsométrica (Figuras 52 e 53), como já constatado por Lerner (2016).

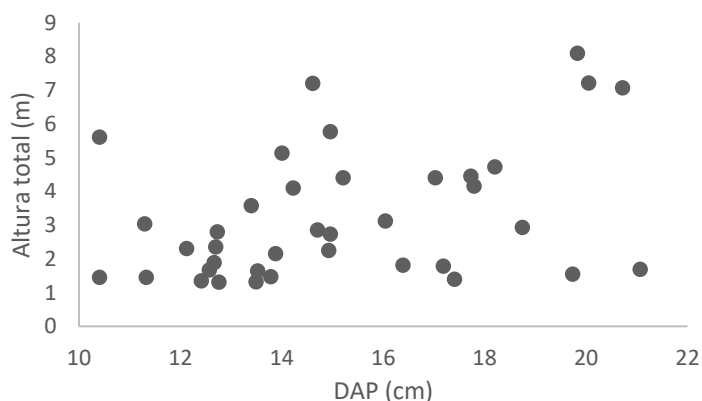


Figura 52: Diagrama de dispersão da altura total com seu respectivo DAP para *Cyathea* spp, na Área 1 (1,85 ha), Floresta Nacional de Irati, PR.

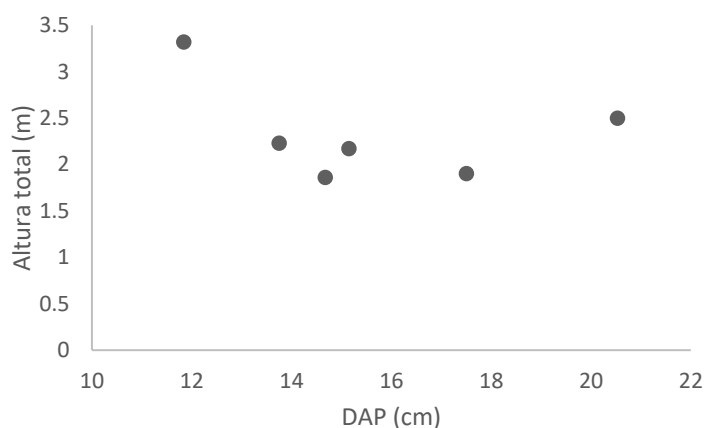


Figura 53: Diagrama de dispersão da altura total com seu respectivo DAP para *Cyathea* spp, na Área 2 (1,1 ha), Floresta Nacional de Irati, PR.

#### 4.4.3 *Dicksonia sellowiana*

Para a Área 1, os espécimes de *D. sellowiana* apresentaram DAP mínimo de 11,6 cm, médio de 26,9 cm e máximo de 58,4 cm. Para a altura total apresentaram um mínimo de 1,32 m, médio de 3,07 m e máximo de 6,66 m. Já para a altura comercial apresentaram um mínimo de 0 m, médio de 1,74 m e máximo de 4,64 m. O valor mínimo da altura comercial deve-se ao fato que alguns indivíduos apresentaram muitas epífitas, tornando-os inaproveitáveis comercialmente, pois quanto maior a inclinação do cáudice, maior é a probabilidade de acumular epífitas. Se fosse desconsiderada esta altura (0 m), o valor mínimo para a altura passaria a ser 0,2 m.

Para a estrutura populacional (Figura 54), observou-se que a primeira classe representa cerca de 33 % da população amostrada na Área 1 (ou ainda que as três primeiras classes representam mais de 70 %), indicando potencial de regeneração.

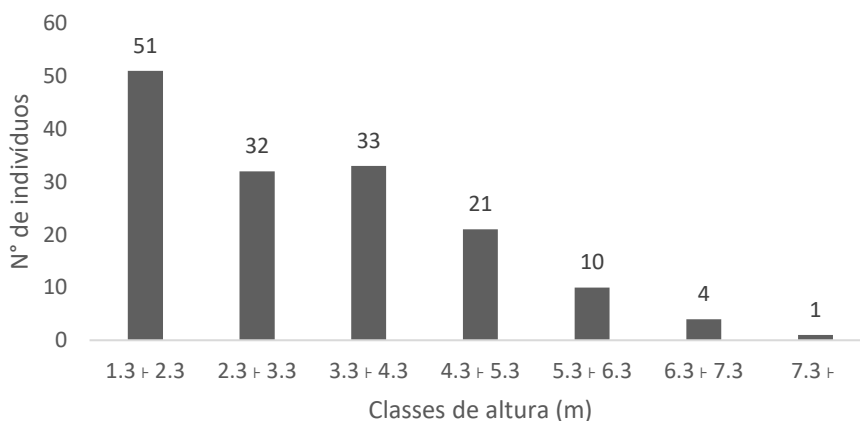


Figura 54: Estrutura populacional de *Dicksonia sellowiana* em classes de altura na Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati, PR.

Sobre as classes de qualidade de cáudice (Tabela 34), é notório que as QC 7 e 3 perfazem cerca de 50 % da população amostrada na Área 1. Não é rotineiro ver *D. sellowiana* apoiado em árvores ou outras samambaias arborescentes, porém é fácil perceber o tombamento gradual, em especial dos mais altos devido ao peso maior, quando analisada a população como um todo. Esse fato já foi relatado por Windisch, Nervo e Seibert (2008), corroborando com os dados do presente estudo, sendo que os autores ainda relataram que esse fato, tombamento, possibilita seu desenvolvimento perene.

Tabela 34: Distribuição dos indivíduos (N) de *Dicksonia sellowiana*, com respectiva porcentagem (%) para as oito classes de qualidade do cáudice (QC). Classes: 8 - Retilíneo. 7 - Inclinado. 6 - Inclinado com coroa redirecionada. 5 - Coroa secundária. 4 - Cáudice secundário > 0,5m. 3 -Tortuosidade > 45°. 2 -Tortuosidade até 45°. 1 - Coroa principal morta, na Área 1 (1,85 ha), Floresta Nacional de Irati, PR.

QC	N	%	Altura mínima (m)	Altura máxima (m)
1	0	-	-	-
2	20	13,1	1,36	4,7
3	37	24,3	1,7	6,27
4	3	2	3,5	5,05
5	4	2,63	3,65	6,66
6	17	11,2	1,99	6,02
7	39	25,6	1,38	6,58
8	34	22,4	1,32	4,6

Para a Área 2, os 15 espécimes de *D. sellowiana* apresentaram DAP mínimo de 13,3 cm, médio de 18,7 cm e máximo de 27,2 cm. Para a altura total os valores mínimo, médio e máximo de 1,4 m, 2,5 m e 4,13 m respectivamente, sendo que para a altura comercial tem-se o mínimo de 0,6 m, médio 1,22 m e máximo de 2,14 m, indicando que todos os indivíduos são aproveitáveis comercialmente.

Para a estrutura populacional (Figura 55), constatou-se que 80 % da população amostrada para a Área 2 pertencem as duas primeiras classes, indicando potencial de regeneração, mas também com probabilidade de indicar expansão populacional.

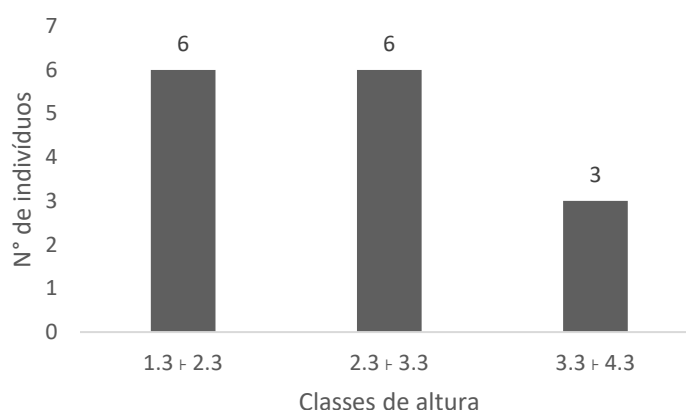


Figura 55: Estrutura populacional de *Dicksonia sellowiana* em classes de altura na Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati, PR.

Sobre as classes de qualidade do cáudice (Tabela 35), ao somar as classes QC 6 e 8, tem-se, aproximadamente, 70 % da população amostrada na Área 2.

Tabela 35: Distribuição dos indivíduos (N) de *Dicksonia sellowiana*, com respectiva porcentagem (%) para as oito classes de qualidade do cáudice (QC). Classes: 8 - Retilíneo. 7 - Inclinado. 6 - Inclinado com coroa redirecionada. 5 - Coroa secundária. 4 - Cáudice secundário > 0,5m. 3 - Tortuosidade > 45°. 2 - Tortuosidade até 45°. 1 - Coroa principal morta, na Área 2 (1,1 ha), Floresta Nacional de Irati, PR.

QC	N	%	Altura mínima (m)	Altura máxima (m)
1	0	-	-	-
2	2	13,4	1,4	2
3	1	6,7	1,36	1,36
4	0	-	-	-
5	0	-	-	-
6	5	33,3	2,25	4,13
7	2	13,4	2,64	2,8
8	5	33,3	1,45	3,54

Bento e Kersten (2012) encontraram em Piraquara, estado do Paraná alguns indivíduos de *D. sellowiana* com cáudices em que os valores máximos de DAP chegaram próximos a 60 cm de diâmetro e 6 m de comprimento, mas não relataram suas respectivas amplitudes nem sua estrutura populacional. Os dados de DAP e altura do presente estudo corroboram com os dados de Bento e Kersten (2012).

Gaspar et al. (2011), ao realizarem o inventário de *D. sellowiana* em Santa Catarina encontraram indivíduos com DAP variando entre 10 e 77 cm, com média de 67,5 cm e alturas mínima de 1,5 m e mediana de 3m e, para a estrutura populacional, encontraram um número expressivo de indivíduos jovens (alturas menores) quando comparado aos indivíduos mais

velhos (alturas maiores). Os dados do presente estudo se assemelham aos dados de Gasper et al. (2011).

Mantovani (2004) encontrou, também no Estado de Santa Catarina, espécimes de *D. sellowiana* com amplitude diamétrica entre 12,3 e 56 cm, com altura máxima de 7m, sendo que para a estrutura populacional houve um número expressivo de indivíduos jovens (mais de 50 % da amostra) quando comparado aos indivíduos mais velhos. Os dados do presente estudo corroboram com os dados encontrados por Mantovani (2004).

Ao se analisar a dispersão gráfica da altura total com seu respectivo DAP para *D. sellowiana*, tanto para a Área 1 (Figura 56) como para a Área 2 (Figura 57), percebe-se que existe certa relação entre a altura total e o diâmetro a 1,3 m do solo (DAP).

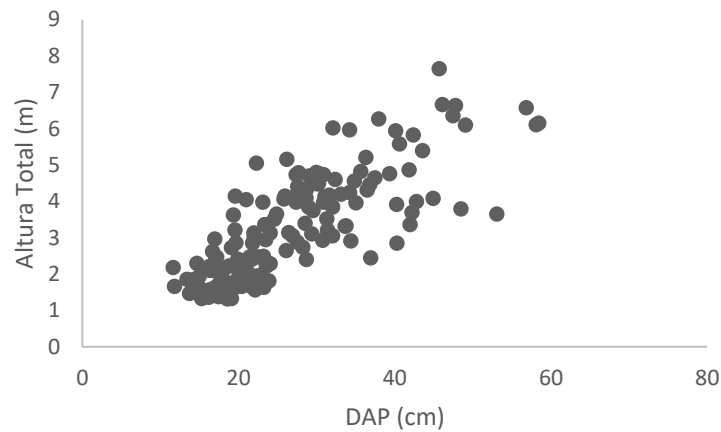


Figura 56: Diagrama de dispersão da altura total com seu respectivo DAP para *Dicksonia sellowiana*, na Área 1 (1,85 ha), Floresta Nacional de Irati, PR.

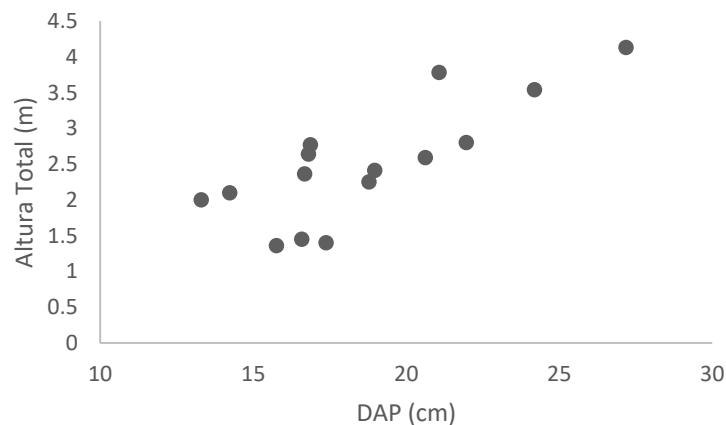


Figura 57: Diagrama de dispersão da altura total com seu respectivo DAP para *Dicksonia sellowiana*, na Área 2 (1,1 ha), Floresta Nacional de Irati, PR.

Para a modelagem da altura total, de acordo com os resultados obtidos (Tabela 36 e Figura 58), optou-se pelo modelo 4 – Henricksen.

Tabela 36: Coeficientes estimados ( $\beta$ ), coeficiente de determinação ( $R^2_{aj}$ ) e erro padrão (Syx) de estimativa em porcentagem (Syx%) dos modelos hipsométricos ajustados para *Dicksonia sellowiana*, na Floresta Nacional de Irati, PR.

Modelo	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$R^2_{aj}$	Syx (m)	Syx %
1	ns	0,12159	-	0,55	0,83	26,89
2	-0,78974	0,39503	-	0,57	0,82	26,61
3	1,30014	0,00408	-0,00004	0,55	0,84	27,25
4	-5,61079	2,76221	-	0,59	0,80	25,97
5	-1,81844	0,90961	-	0,57	0,82	26,61
6	ns	0,12159	ns	0,55	0,83	26,89

ns – não significativo.

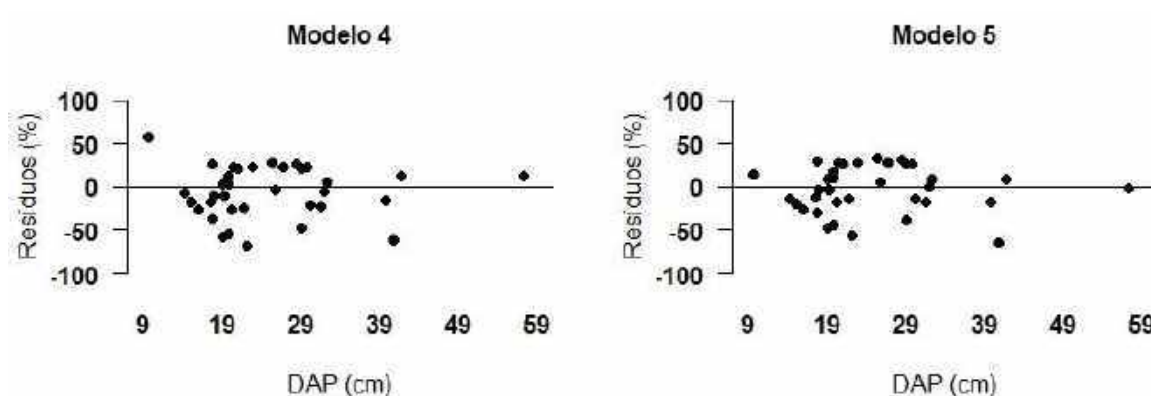


Figura 58: Dispersão de resíduos da altura total para os melhores modelos ajustados para *Dicksonia sellowiana*, na Floresta Nacional de Irati, PR.

Para a modelagem da altura comercial, de acordo com os resultados obtidos (Tabela 37 e Figura 59), optou-se pelo modelo 1 – Linha reta.

Tabela 37: Coeficientes estimados ( $\beta$ ), coeficiente de determinação ( $R^2_{aj}$ ) e erro padrão (Syx) da estimativa em porcentagem (Syx%) dos modelos hipsométricos (altura comercial) ajustados para *Dicksonia sellowiana*, na Floresta Nacional de Irati, PR.

Modelo	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$R^2_{aj}$	Syx (m)	Syx %
1	ns	0,06005	-	0,51	0,71	34,50
2	-1,14619	0,40695	-	0,50	0,74	35,63
3	1,11175	ns	-	0,51	0,73	35,26
4	-4,76394	1,97120	-	0,49	0,74	35,95
5	-2,63921	0,93704	-	0,50	0,74	35,63
6	ns	ns	-	0,51	0,73	35,20

ns – não significativo.



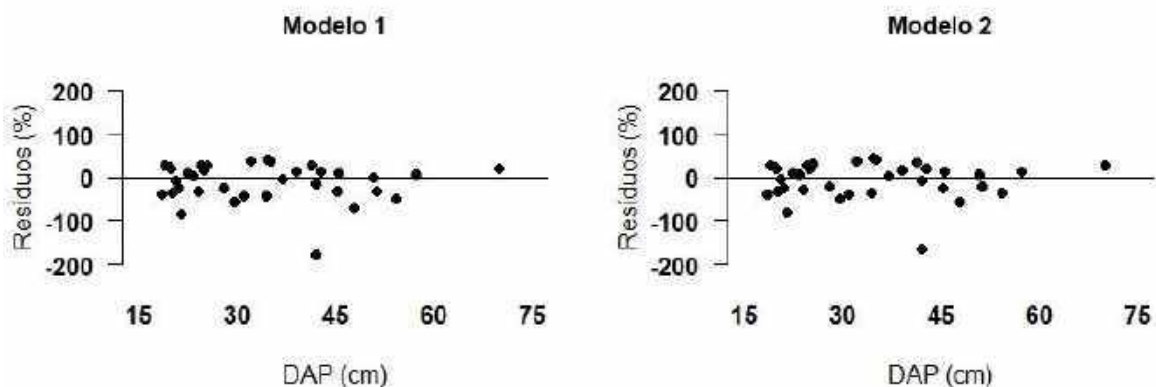


Figura 59: Dispersão de resíduos da altura comercial para os melhores modelos ajustados para *Dicksonia sellowiana*, na Floresta Nacional de Irati, PR.

Para a modelagem do volume total, diante dos dados (Tabela 38 e Figura 60), optou-se pelo modelo 4 – Stoate.

Tabela 38: Coeficientes estimados ( $\beta$ ), coeficiente de determinação ( $R^2_{aj}$ ) e erro padrão (Syx) da estimativa em porcentagem (Syx%) dos modelos para volume total ajustados para *Dicksonia sellowiana*, na Floresta Nacional de Irati, PR.

Modelo	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$R^2_{aj}$	Syx (m <sup>3</sup> )	Syx %
1	0,07271	0,00004	-	-	0,91	0,05	26,08
2	-	0,00025	ns	-	0,90	0,05	26,91
3	-6,8955	1,22671	0,98416	-	0,95	0,04	19,35
4	-0,07872	0,00019	ns	0,04199	0,95	0,03	18,63
5	-0,21151	0,01598	-	-	0,87	0,06	31,21

ns – não significativo.

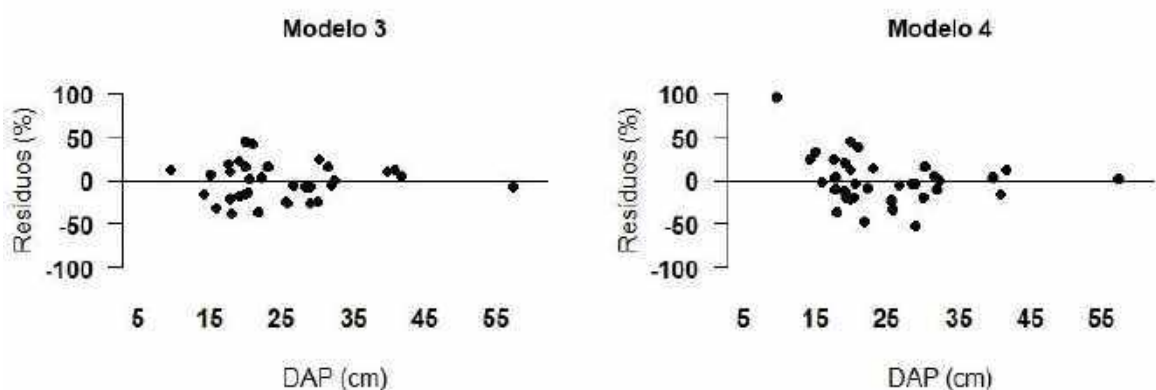


Figura 60: Dispersão de resíduos do volume total para os melhores modelos ajustados para *Dicksonia sellowiana*, na Floresta Nacional de Irati, PR.

Nas 37 unidades amostrais da Área 1, para o volume foi encontrada a média de 1,231m<sup>3</sup>/ha e desvio padrão de 2,056 m<sup>3</sup>/ha, além da estimativa de 17,971 m<sup>3</sup>/ha. Para a área

basal tem-se a média de 0,37 m<sup>2</sup> por unidade amostral, com desvio padrão de 0,563 m<sup>2</sup> e estimativa de 5,41 m<sup>2</sup>/ha.

Na distribuição do volume dentro da estrutura populacional (Tabela 39), constatou-se a concentração do volume entre as classes 2,3 até 6,3 m, e de forma mais expressiva na classe de 3,3 a 4,3 m. A área basal acompanha a oscilação do volume entre as classes.

Tabela 39: Número de indivíduos (N), volume e área basal para os espécimes de *Dicksonia sellowiana* nas respectivas classes de altura amostradas na Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati, PR.

Classe de altura (m)	N	Volume (m <sup>3</sup> )	Área Basal (m <sup>2</sup> )
1,3 + 2,3	51	3,197	1,422
2,3 + 3,3	32	5,077	1,593
3,3 + 4,3	33	9,481	2,771
4,3 + 5,3	21	6,686	1,723
5,3 + 6,3	10	5,487	1,553
6,3 + 7,3	4	2,677	0,776
7,3 +	1	0,642	0,164

Lerner (2016), trabalhando na mesma área do presente estudo, encontrou estimativa de volume total para *D. sellowiana* de 22,21 m<sup>3</sup>/ha, estimativa maior que a do presente estudo. No estudo de Lerner (2016), o esforço amostral é menor que do presente estudo, justificando a diferença.

Para a Área 2, foi encontrada a média para volume total de 0,179 m<sup>3</sup>, com desvio padrão de 0,124 m<sup>3</sup> e estimativa de 1,306 m<sup>3</sup>/ha. Para a área basal tem-se a média de 0,143 m<sup>2</sup> por unidade amostral, com desvio padrão de 0,096 m<sup>2</sup> e estimativa de 0,227 m<sup>2</sup>/ha.

Sobre a distribuição do volume total na estrutura populacional da Área 2 (Tabela 40), constatou-se que as duas maiores classes (2,3 a 4,3 m), apresentaram quantidade de volume semelhante, apesar da diferença da densidade, fazendo com que a diferença em altura supere a diferença na densidade.

Tabela 40: Número de indivíduos (N), volume e área basal para os espécimes de *Dicksonia sellowiana* nas respectivas classes de altura amostradas na Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati, PR.

Classe de altura (m)	N	Volume (m <sup>3</sup> )	Área Basal (m <sup>2</sup> )
1,3 + 2,3	6	0,269	0,039
2,3 + 3,3	6	0,586	0,053
3,3 + 4,3	3	0,583	0,044

Para a modelagem do volume comercial, após analisar os parâmetros obtidos (Tabela 41 e Figura 61), optou-se pelo modelo 4 – Stoaate.

Tabela 41: Coeficientes estimados ( $\beta$ ), coeficiente de determinação ( $R^2_{aj}$ ) e erro padrão (Syx) da estimativa em porcentagem (Syx%) dos modelos para volume comercial ajustados para *Dicksonia sellowiana*, na Floresta Nacional de Irati, PR.

Modelo	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$R^2_{aj}$	Syx (m <sup>3</sup> )	Syx %
1	0,03810	0,00003	-	-	0,95	0,03	22,64
2	-	0,00004	0,00002	-	0,95	0,03	22,11
3	-8,21880	1,50227	1,05272	-	0,94	0,04	25,04
4	ns	0,00002	0,00002	0,01771	0,96	0,03	19,01
5	-0,20150	0,01022	-	-	0,76	0,07	49,76

ns – não significativo.

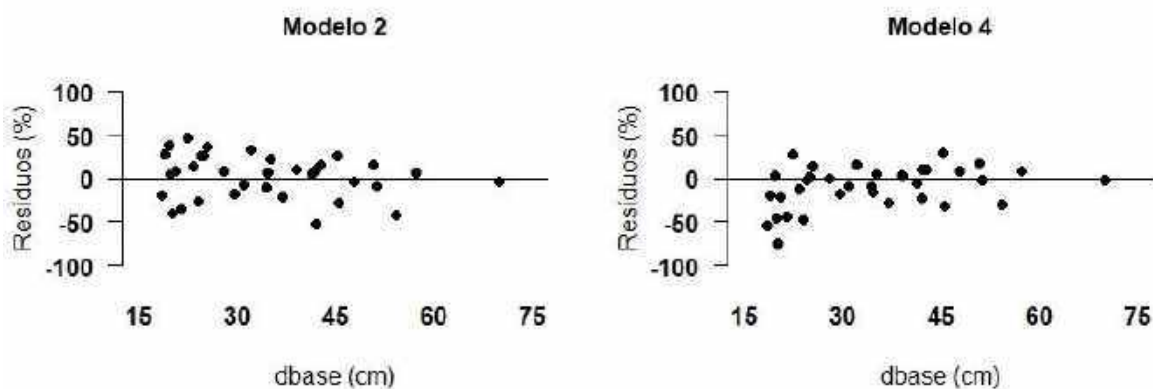


Figura 61: Dispersão de resíduos do volume comercial para os melhores modelos ajustados para *Dicksonia sellowiana*, na Floresta Nacional de Irati, PR.

Para o volume comercial da Área 1, obteve-se a média de 0,993 m<sup>3</sup> por unidade amostral, com desvio padrão de 1,507 m<sup>3</sup>, sendo a estimativa de 14,498 m<sup>3</sup>/ha. Vale ressaltar que para o volume comercial foi utilizado o  $d_{base}$  (diâmetro da base) para realizar os cálculos de estimativa porque nem todos os indivíduos possuíam altura comercial igual ou superior a 1,3 m. Então a área basal neste tópico é com referência ao  $d_{base}$  e não ao DAP. Sendo assim, a área basal possui uma média de 0,618 m<sup>2</sup> por unidade amostral com desvio padrão de 0,861 m<sup>2</sup> e estimativa de 9,02 m<sup>2</sup>/ha.

A distribuição do volume comercial dentro da estrutura populacional (Tabela 42) indica que as mesmas classes que possuem maior volume total, são as que possuem volume comercial (2,3 a 6,3 m), com a área basal (com  $d_{base}$ ) acompanhando essa distribuição, com destaque para a classe 3,3 a 4,3 m.

Tabela 42: Número de indivíduos (N), volume comercial e área basal para os espécimes de *Dicksonia sellowiana* nas respectivas classes de altura amostradas na Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati, PR.

Classe de altura (m)	N	Volume (m <sup>3</sup> )	Área Basal (m <sup>2</sup> )
1,3 + 2,3	51	3,229	2,558
2,3 + 3,3	32	4,128	3,075
3,3 + 4,3	33	6,914	4,604
4,3 + 5,3	21	5,199	2,859
5,3 + 6,3	10	4,791	2,388
6,3 + 7,3	4	2,038	1,002
7,3 +	1	0,523	0,209

Lerner (2016) ao trabalhar na mesma área do presente estudo, encontrou a estimativa para o volume comercial para *D. sellowiana* de 10,5 m<sup>3</sup>/ha, sendo um valor inferior ao encontrado no presente estudo. Ao se comparar as análises gráficas dos dois estudos, constatou-se que no presente estudo há menos valores discrepantes que no estudo de Lerner (2016), o que pode justificar a diferença, considerando-se que quanto mais homogênea é a dispersão no gráfico de resíduos, mais confiável é o modelo.

Para a Área 2, para o volume comercial obteve-se a média de 0,143 m<sup>3</sup> por unidade amostral, com desvio padrão de 0,095 m<sup>3</sup>, com estimativa de 1,039 m<sup>3</sup>/ha. Para a área basal (com  $d_{base}$ ) obteve-se a média de 0,031 m<sup>2</sup>, com desvio padrão de 0,021m<sup>2</sup> e estimativa de 0,39 m<sup>2</sup>/ha.

Ao avaliar a distribuição do volume comercial dentro da estrutura populacional (Tabela 43), a área basal aumentou conforme aumentou a altura, em consequência de haver um maior diâmetro de base para maiores alturas e, talvez, uma altura maior possa indicar um sítio melhor. Para o volume comercial em si, as classes de 2,3 a 4,3 m apresentaram quantidade de volume parecido mesmo não possuindo a mesma densidade, demonstrando que a diferença em altura se sobrepõe a diferença na densidade.

Tabela 43: Número de indivíduos (N), volume comercial para os espécimes de *Dicksonia sellowiana* nas respectivas classes de altura amostradas na Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati, PR.

Classe de altura (m)	N	Volume (m <sup>3</sup> )	Área Basal (m <sup>2</sup> )
1,3 + 2,3	6	0,288	0,070
2,3 + 3,3	6	0,454	0,089
3,3 + 4,3	3	0,402	0,091

Sobre as funções de afilamento, os dados refletem a realidade do ano de 2017. Tanto para a altura total como para a comercial foram tomadas medidas percentuais, cujo perfil médio para os 35 indivíduos está representado na Figura 62 para a altura total e na Figura 63 para a altura comercial.

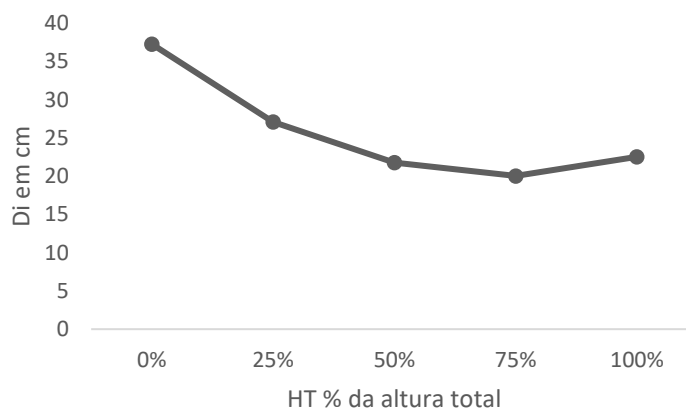


Figura 62: Perfil médio da altura total para *Dicksonia sellowiana*, na Floresta Nacional de Irati, PR.

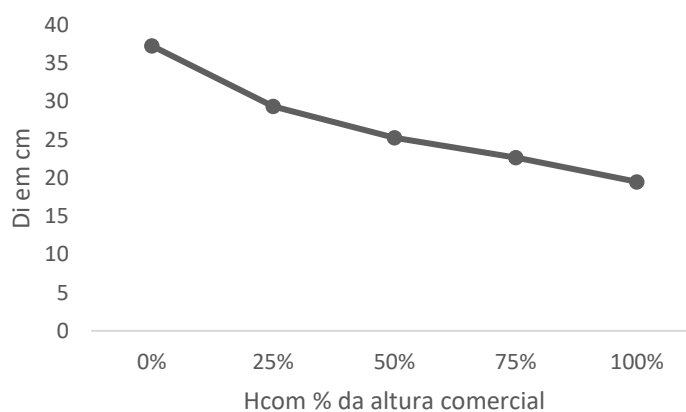


Figura 63: Perfil médio da altura comercial para *Dicksonia sellowiana*, na Floresta Nacional de Irati, PR.

Ao analisar os parâmetros (Tabela 44), optou-se pelo modelo do 5º grau, tanto para a altura total (Figura 64) como para a altura comercial (figura 65). É perceptível a ocorrência de alguns pontos discrepantes, demonstrando que ambos os modelos não são indicados para indivíduos com diâmetros de maior valor.

Tabela 44: Coeficientes Estimados ( $\beta$ ), Coeficiente de Determinação ( $R^2_{adj}$ ) e Erro Padrão da Estimativa em Porcentagem para as funções de afilamento ajustadas.

	Modelo	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\beta_5$	$R^2_{adj}$	Syx%
Altura Total	2° grau	2,32364	-4,95967	3,64629	-	-	-	0,34	31,48
	5° grau	1,47777	-1,54264	3,48689	-2,48813	ns	ns	0,41	29,04
Altura Comercial	2° grau	2,30552	-3,48999	1,94557	-	-	-	0,37	30,50
	5° grau	1,48536	-1,19166	2,78117	-2,25642	ns	ns	0,42	29,68

ns – não significativo.

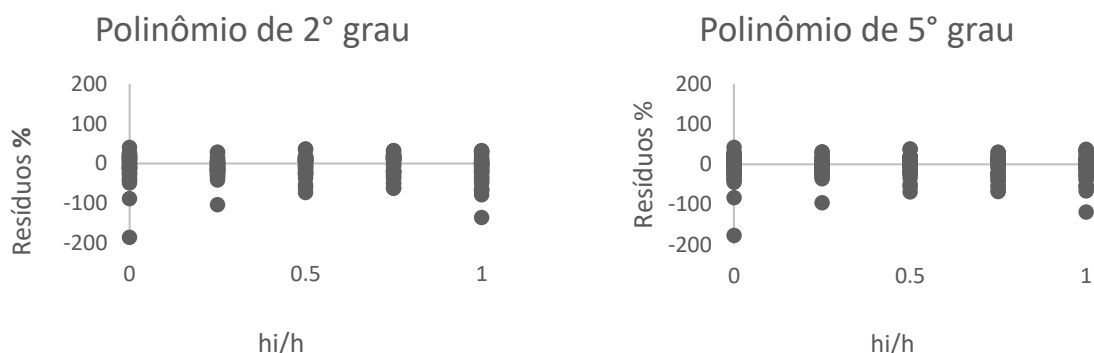


Figura 64 - Dispersão dos resíduos para estimativa da altura total nas alturas relativas mensuradas para *Dicksonia sellowiana*, na Floresta Nacional de Irati, PR.

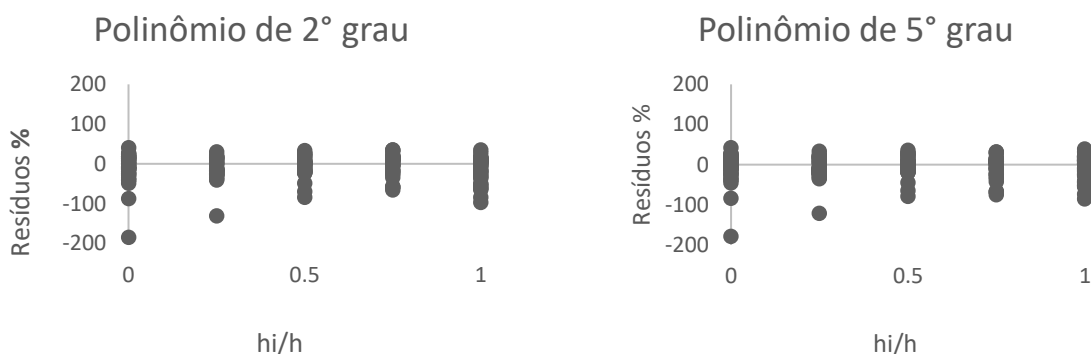


Figura 65: Dispersão dos resíduos para estimativa da altura comercial nos percentis de altura mensurados para *Dicksonia sellowiana*, na Floresta Nacional de Irati, PR.

Os fatores de forma resultaram em valores maiores que 1 para *Dicksonia sellowiana* (altura total  $f_{1,3} = 1,17$  e  $f_{0,25,h} = 1,02$ ; altura comercial  $f_{0,25,hcom} = 1,03$ ). De acordo com Soares et al. (2012), o valor do fator de forma deve ser menor ou igual a 1,0, e, portanto, quando o valor é maior que 1, o mesmo não é considerado adequado e não deve ser utilizado.

Assim como para *Alsophila setosa*, para *Dicksonia sellowiana* também pode ocorrer que os diâmetros próximos a base, sejam menores que os diâmetros próximos ao ápice. Isto

faz com que o volume do cilindro seja, consideravelmente, menor que o volume real, em especial para indivíduos com pouca altura.

#### 4.5 CONCLUSÃO

As quatro espécies de samambaias arborescentes estudadas apresentam estrutura populacional com potencial para regeneração, ou seja, maior número de indivíduos jovens (alturas menores) em relação aos mais velhos (alturas maiores).

A maior parte dos indivíduos de *Alsophila setosa* possui cáudices com tortuosidade maior que 45° em relação ao solo (QC 3); no gênero *Cyathea* a maioria dos indivíduos tem cáudices retilíneos (QC 8) e em *Dicksonia sellowiana*, a maioria possui cáudice retilíneo, porém inclinado (QC 8).

Não existe relação hipsométrica para as espécies da família Cyatheaceae (*A. setosa* e gênero *Cyathea*) e para *Dicksonia sellowiana* o modelo de Henricksen é o mais adequado para estimar a altura total (utilizando o diâmetro à altura do peito como variável independente), enquanto o modelo da linha reta é o mais adequado para estimar a altura comercial (utilizando o diâmetro de base como variável dependente).

*A. setosa* possui área basal quase três vezes maior que *Dicksonia sellowiana* e, conseqüentemente, maior volume (mais que o triplo).

Para a modelagem volumétrica de *A. setosa*, o modelo mais adequado é Schumacher-Hall, enquanto que para *D. sellowiana*, o modelo de Stoate é o mais adequado para estimar tanto o volume total quanto comercial.

Para as funções de afilamento, o modelo de 5° grau demonstrou melhor desempenho para realizar o sortimento de *D. sellowiana*, enquanto que o fator de forma ( $f_{1,3}$  e  $f_{0,25,h}$ ) encontrado para *A. setosa* e *D. sellowiana* é inadequado para ser utilizado como ferramenta para estimação de volume.

#### REFERÊNCIAS

BENTO, C. M.; KERSTEN, R. A. **Pteridófitas de um ecótono entre as Florestas Ombrófila Densa e Mista, Mananciais da Serra, Piraquara, Paraná.** 2012. Disponível em: <[http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Pesquisa%20em%20UCs/resultados%20de%20pesquisa/Cassio\\_Michelon\\_Bento.pdf](http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Pesquisa%20em%20UCs/resultados%20de%20pesquisa/Cassio_Michelon_Bento.pdf)> . Acesso em: 25/novembro/2015.

BIONDI, D.; LEAL, L.; MARTINI, A.; NATAL, C. M.. Caracterização dendrométrica de *Dicksonia sellowiana* Hook. em povoamento de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. **Cerne**, Lavras. 2009; v. 15, n. 4, p. 453-459.

GASPER, A. L.; SEVEGNANI, L.; VIBRANS, A. C.; UHLMANN, A.; LINGNER, D. V.; VERDI, M.; DREVECK, S.; SANTOS, A. S.; BROGNI, E.; SCHMITT, R.; KLEMZ, G. Inventário de *Dicksonia sellowiana* Hook. em Santa Catarina. **Acta Botanica Brasilica** 25 (4): 776-784. 2011.

LARGE, M. F.; BRAGGINS, J. E.. **Tree ferns**. Portland/Cambridge: Timber Press, 2004. 359 p.

LERNER, J. **Modelagem biométrica e fitossociologia de pteridófitas arbóreas em Floresta Ombrófila Mista**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais, área de concentração em Manejo Sustentável de Recursos Florestais). Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati. 2016. p. 89.

MACHADO, S.A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. Curitiba, 2003. 309p.

MANTOVANI, M. **Caracterização de populações naturais de xaxim (*Dicksonia sellowiana* (Presl.) Hooker), em diferentes condições edafo-climáticas no Estado de Santa Catarina. Florianópolis**. 2004. 105 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

MIELKE, E. J. C. 2002. **ANÁLISE DA CADEIA PRODUTIVA E COMERCIALIZAÇÃO DO XAXIM, *Dicksonia sellowiana*, NO ESTADO DO PARANÁ**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais, na área de concentração em Economia e Política Florestal) Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2002,90 p.

PÉLLICO NETTO, S.. Estimativas volumétricas de árvores individuais – Síntese teórica. In: V SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS – O uso de funções de forma de tronco em estudo de volumetria de espécies florestais. Curitiba, 10 de novembro de 1981. **Anais...** Paraná: EMBRAPA, 1982, p 15-27.

PRODAN, M.; PETERS, R.; COX, F.; Real, P. **Mensura Forestal**. IICA, 586p. 1997.

SCAVINSKI, V. et al., **Ajuste de Funções de Afilamento para *Pinus elliottii* na Flona de Irati**. Universidade Estadual do Centro-Oeste. 2012.

SCHMITT, J. L. **Estudos florísticos, ecológicos e do desenvolvimento em Cyatheaceae (Pteridophyta) no Rio Grande do Sul, Brasil**. Tese (Doutorado em Ciências: Botânica) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2005,167 p.

SCHMITT, J. L.; WINDISCH, P. G. Aspectos ecológicos de *Alsophila setosa* Kaulf. (Cyatheaceae, Pteridophyta) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta bot. bras.**, [on line], 19(4): 859-865. 2005.

SCHWARTSBURD, P. B.; LABIAK, P. H. Pteridófitas do Parque Estadual de Vila Velha, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. **Hoehnea**, [on line], 34(2): 159-209, 2007.



SOARES, C. P. B.; NETO, F. P.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e Inventário Florestal**. Viçosa, Ed. UFV, 2 ed. 2012, 276 p.

SCOLFORO, J. R. S. **Mensuração Florestal; Módulo 2**; Volumetria. Lavras: ESAL/FAEPE, 1993. 126 p.

VEIGA, R.A. de A. O uso de equações de volume em levantamentos florestais. In: SIMPÓSIO SOBRE INVENTÁRIO FLORESTAL, 2, Piracicaba, 1984. **Anais**. Piracicaba, ESALQ/IPEF, 1984. p. 93-102.

WINDISCH, P. G.; NERVO, M. H.; SEIBERT, S. Crescimento perene em *Dicksonia sellowiana* Hook. (MONILOPHYTA, DICKSONIACEAE). **BOTÂNICA**, São Leopoldo: Instituto Anchieta de Pesquisas. N° 59: 287-298. 2008.

## CAPÍTULO V – QUANTIFICAÇÃO E MODELAGEM DE BIOMASSA DE SAMAMBAIAS ARBORESCENTES NA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

### RESUMO

Devido a absorção de CO<sub>2</sub> e armazenamento de carbono na biomassa, as florestas possuem grande importância no combate ao aquecimento global, portanto, é necessário conhecer melhor os estoques de biomassa de todas as espécies que compõem a floresta, inclusive a biomassa de samambaias arborescentes para assim melhor compreender a comunidade vegetal em que se encontram. Assim sendo, objetivou-se quantificar o estoque de biomassa presentes nas samambaias arborescentes na Floresta Nacional de Irati (PR). Foram selecionados 30 indivíduos de *Alsophila setosa*, 30 de *Dicksonia sellowiana* e 30 indivíduos para o gênero *Cyathea*, alocados em um único tipo de solo. A seleção dos indivíduos foi realizada de acordo com as classes de altura, seguida da cubagem. As samambaias arborescentes foram separadas em dois componentes, sendo estes cáudice e fronde (pina e raque). Para o cáudice foi obtido o peso verde e também o peso verde para a sua amostra (discos da base, meio e ápice). Em laboratório, as amostras de cáudice foram levadas a estufa com ventilação forçada a 70° C até atingirem peso constante. Para a determinação da biomassa das frondes, após contagem do número de frondes de cada indivíduo, foram coletadas três frondes em direções opostas. As três frondes selecionadas foram pesadas separadamente suas respectivas pinas e raques, sendo as demais frondes pesadas em conjunto e sem diferenciar a pina da raque. Posteriormente, as amostras das frondes foram levadas à estufa com ventilação forçada a 70 °C para secagem até peso constante. *A. setosa* teve biomassa total de 8,113 t.ha<sup>-1</sup> para a Área 1 (7,44 t.ha<sup>-1</sup> – cáudice; 0,673 t.ha<sup>-1</sup> – fronde); na Área 2 apresentou 2,684 t.ha<sup>-1</sup> (2,4 t.ha<sup>-1</sup> – cáudice; 0,284 t.ha<sup>-1</sup> – fronde). *Cyathea* spp apresentou biomassa total de 0,177 t.ha<sup>-1</sup> para a Área 1 (0,16 t.ha<sup>-1</sup> – cáudice; 0,017 t.ha<sup>-1</sup> – fronde); na Área 2 foi de 0,0305 t.ha<sup>-1</sup> (0,026 t.ha<sup>-1</sup> – cáudice; 0,0045 t.ha<sup>-1</sup> – fronde). *D. sellowiana* a biomassa total foi de 1,495 t.ha<sup>-1</sup> para a Área 1 (1,416 t.ha<sup>-1</sup> – cáudice; 0,079 t.ha<sup>-1</sup> – fronde); na Área 2 foi de 0,149 t.ha<sup>-1</sup> (2,4 t.ha<sup>-1</sup> – cáudice; 0,013 t.ha<sup>-1</sup> – fronde). O componente cáudice representa a maior parte da biomassa das samambaias arborescentes. *Alsophila setosa* apresentou maior expressividade de biomassa, tanto para Área 1 quanto para a Área 2, seguida de *Dicksonia sellowiana* e de *Cyathea* spp. Estes dados veem preencher uma lacuna existente na literatura, mas ainda assim são necessários mais estudos sobre a contribuição destas espécies de samambaias arborescentes na biomassa florestal, visto que diferentes tipologias florestais costumam armazenar quantidades diferentes de biomassa.

**Palavras-chave:** *Alsophila setosa*, *Cyathea* spp, *Dicksonia sellowiana*, estoque de biomassa.

## BIOMASS QUANTIFICATION AND MODELING OF TREE FERNS IN ARAUCARIA FOREST

### ABSTRACT

Due to the absorption of CO<sub>2</sub> and carbon storage in biomass, forests are of great importance in combating global warming, therefore, it is necessary to better understand the biomass stocks of all species that make up the forest, including the biomass of tree ferns so better understand the plant community in which they find themselves. Therefore, the objective was to quantify the biomass stock present in the tree ferns in the National Forest of Irati (PR). Thirty individuals from *Alsophila setosa*, 30 from *Dicksonia sellowiana* and 30 individuals for the genus *Cyathea* were selected, allocated in a single soil type. Individuals were selected according to height classes, followed by cubing. The arborescent ferns were separated into two components, these being the caudex and frond (pinna and rachis). For the caudex the green weight and also the green weight for your sample (base, middle and apex discs) were obtained. In the laboratory, the caudex samples were taken to an oven with forced ventilation at 70 ° C until they reached constant weight. For the determination of the frond biomass, after counting the number of fronds of each individual, three fronds were collected in opposite directions. The three selected fronds were weighed separately with their respective pinnae and rachis, while the other fronds were weighed together and without differentiating the pinna from the rachis. Subsequently, the frond samples were taken to the oven with forced ventilation at 70 °C for drying to constant weight. *A. setosa* had total biomass of 8,113 t.ha<sup>-1</sup> for Area 1 (7.44 t.ha<sup>-1</sup> - caudex; 0.673 t.ha<sup>-1</sup> - frond); in Area 2 it presented 2,684 t.ha<sup>-1</sup> (2.4 t.ha<sup>-1</sup> - caudex; 0.284 t.ha<sup>-1</sup> - frond). *Cyathea* spp showed a total biomass of 0.177 t.ha<sup>-1</sup> for Area 1 (0.16 t.ha<sup>-1</sup> - caudex; 0.017 t.ha<sup>-1</sup> - frond); in Area 2 it was 0.0305 t.ha<sup>-1</sup> (0.026 t.ha<sup>-1</sup> - caudex; 0.0045 t.ha<sup>-1</sup> - frond). *D. sellowiana* the total biomass was 1,495 t.ha<sup>-1</sup> for Area 1 (1,416 t.ha<sup>-1</sup> - caudex; 0.079 t.ha<sup>-1</sup> - frond); in Area 2 it was 0.149 t.ha<sup>-1</sup> (2.4 t.ha<sup>-1</sup> - caudex; 0.013 t.ha<sup>-1</sup> - frond). The caudex component represents most of the biomass of tree ferns. *Alsophila setosa* showed higher biomass expressiveness, both for Area 1 and for Area 2, followed by *Dicksonia sellowiana* and *Cyathea* spp. These data come to fill a gap in the literature, but even more studies are needed on the contribution of these species of tree ferns to forest biomass, since different forest types usually store different amounts of biomass.

**Keywords:** *Alsophila setosa*, *Cyathea* spp, *Dicksonia sellowiana*, biomass stock.

## 5.1 INTRODUÇÃO

A ação do homem contemporâneo e a exploração descontrolada dos recursos naturais têm contribuído intensamente para o aumento da concentração de gases do efeito estufa, fenômeno que vem trazendo profundas mudanças nos padrões climáticos do planeta. Uma das estratégias para diminuir a concentração desses gases é incorporá-los na biomassa vegetal (CAVALLET; PAULA, 2008). Por conta disto, as florestas assumem papel importante no combate ao aquecimento global, devido a absorção de CO<sub>2</sub>, armazenando grandes quantidades de carbono na biomassa. De acordo com Watzlawick et al. (2004), as florestas são importantes para o equilíbrio do balanço global de gás carbônico, pois os diferentes tipos de florestas armazenam diferentes quantidades de carbono em função dos estágios de sucessão, da idade, do regime de manejo e da composição de espécies.

O conhecimento da capacidade de absorção de carbono na biomassa florestal, em diferentes tipologias, fornece informações importantes para o direcionamento das decisões quanto ao manejo e ações que possam contribuir para a conservação das florestas. Por este motivo, cresce cada vez mais o interesse pelos estudos de biomassa e conteúdo de carbono em florestas (SILVEIRA et al., 2008). De acordo com Sanquetta (2002), um dos aspectos mais relevantes nos estudos de fixação de carbono em florestas é a variável biomassa, a qual precisa ser determinada e estimada de forma confiável, caso contrário não haverá consistência na quantificação do carbono fixado nos ecossistemas florestais.

Para Batista, Couto e Silva Filho (2014), biomassa se refere à massa dos componentes da árvore, mas sem a água, ou seja, a massa seca da árvore. Esta variável é sempre obtida de maneira indireta, ou seja, obtida por meio de outras variáveis, sendo estas obtidas de maneira direta. Poggiani (2012) salienta que a depender do objetivo almejado, a biomassa arbórea pode ser subdividida em vários subcompartimentos (caule, folhas, raízes, entre outros) e justifica que do ponto de vista científico, subdividir o ecossistema em diversos compartimentos (estoques) e também a biomassa em diferentes subcompartimentos (componentes) costuma facilitar o processo de modelagem e o acompanhamento da movimentação dos nutrientes.

Sobre o método de medição da biomassa, pode se distinguir dois: o método direto e indireto. Para o método direto, a biomassa é obtida por meio das medidas da massa da planta prontamente após o corte (BATISTA; COUTO; SILVA FILHO, 2014). Sobre o método indireto, Soares, Neto e Souza (2012), relatam que este costuma ser utilizado por questões

financeiras e logísticas e, fundamenta-se em empregar modelos de regressão, lineares ou não, para estimar cada componente.

Em geral, estudos sobre biomassa e fixação de carbono estão direcionados para espécies florestais arbóreas, ocorrendo que alguns grupos de plantas são pouco considerados, como é o caso das Pteridófitas, as quais compõem um importante grupo de organismos da flora (ZIEMMER, 2014). Tanto é verdade que há somente um estudo sobre biomassa de samambaias arborescentes em terras brasileiras, desenvolvido por Ziemmer, Behling e Dalla Corte (2016) para *Dicksonia sellowiana* e *Cyathea corcovadensis*.

Diante do exposto, torna-se evidente a necessidade do desenvolvimento de estudos visando disponibilizar dados sobre biomassa de samambaias arborescentes e assim melhor conhecer não apenas estas espécies, mas também compreender melhor a comunidade vegetal em que se encontram, visto que a fixação de carbono é um tema considerado cada vez mais importante diante das circunstâncias ambientais atuais.

## **5.2 OBJETIVOS**

### **5.2.1 Objetivo geral**

Quantificar o estoque de biomassa presentes nas samambaias arborescentes em uma Floresta Ombrófila Mista na região Centro-Oeste do Paraná.

### **5.2.2 Objetivos específicos**

- Quantificar o estoque de biomassa para quatro espécies de samambaias arborescentes.
- Quantificar o estoque de biomassa para cada componente das samambaias arborescentes.

## **5.3 MATERIAL E MÉTODOS**

Independente se a biomassa e o carbono forem estimados pelo método indireto ou com o auxílio de um sistema de informação geográfica, ambos necessitam de dados reais, e estes somente são obtidos (com margem de confiança) por meio dos métodos destrutivos,

sendo estes amparados, diversas vezes, com dados de inventário, entre outros dados a exemplo de características de clima e solo.

Diante da necessidade de utilizar o método destrutivo para estimar a biomassa seca aérea em samambaias arborescentes, foi solicitada e concedida a licença para a amostragem (sob nº 66944-1, na Plataforma SisBio), considerando que a pesquisa foi realizada em uma Unidade de Conservação, mas também porque uma das espécies de samambaias arborescentes inserida na pesquisa é considerada ameaçada de extinção.

Para a determinação da biomassa, baseou-se na metodologia segundo Ziemmer, Behling e Dalla Corte (2016), tendo sido selecionados 30 indivíduos de *A. setosa*, 30 de *D. sellowiana* e 30 indivíduos para o gênero *Cyathea* (pois a baixa densidade tornou inviável selecionar por espécie dentro deste gênero). Para excluir a variável tipo de solo, todas as samambaias arborescentes utilizadas para biomassa estavam alocadas em um único tipo de solo (Cambissolo Háplico alítico típico - CXal) da Área 1. Todos os indivíduos foram submetidos a cubagem rigorosa (conforme descrito no capítulo IV).

Diante dos dados do inventário e tomando por base as alturas máximas das samambaias arborescentes da Área 1, a seleção dos indivíduos foi realizada de acordo com as classes de altura, sem altura mínima exigida para que toda a amplitude de altura fosse contemplada, fazendo com que cada metro de amplitude seja uma classe de altura. Neste caso, para *A. setosa* e o gênero *Cyathea* foram amostrados três ou quatro indivíduos em cada classe de altura e para *D. sellowiana* tem-se quatro ou cinco indivíduos para cada classe.

As samambaias arborescentes foram separadas em dois componentes, sendo estes cáudice e fronde. O componente cáudice não foi subdividido, mas a componente fronde foi subdividida em pina e raque.

Para determinar a biomassa do cáudice, mesmo sendo trabalhado na unidade quilograma, foi realizada a cubagem rigorosa. Após a cubagem rigorosa, foi obtido o peso verde, com balança de capacidade para 20 kg e precisão de uma casa decimal para o cáudice inteiro, e o peso verde para os três discos (base, meio e ápice e 5 cm de espessura) foi obtido com balança de capacidade para 5 kg e precisão de três casas decimais.

Estes três discos foram utilizados para realizar a extrapolação dos dados para o indivíduo. Em laboratório, as amostras de cáudice foram levadas a estufa com ventilação forçada a 70° C até atingirem peso constante.

Para a determinação da biomassa das frondes, foi procedida a contagem do número de frondes de cada indivíduo, e em seguida, foram coletadas três frondes em direções opostas.

As frondes foram separadas em dois componentes: pinas e raque. As três frondes selecionadas foram pesadas separadamente suas respectivas pinas e raques, com auxílio de balança de capacidade para 5 kg e precisão de três casas decimais. As demais frondes foram pesadas em conjunto, em balança com capacidade para 20 kg e precisão de uma casa decimal. Posteriormente, as amostras das frondes foram levadas à estufa com ventilação forçada a 70 °C para secagem até peso constante.

Por uma questão de facilitar o entendimento, vale comparar a fronde com uma folha de espécie arbórea, em que a pina seria correspondente ao limbo (ou lâmina) e a raque correspondente ao pecíolo junto com a nervura principal.

Para a determinação do teor de umidade tanto do cáudice quanto das frondes, as amostras foram deixadas em estufa até atingirem peso constante. O teor de umidade é obtido da seguinte forma (BATISTA; COUTO; SILVA FILHO, 2014):

$$U\% = \left( \frac{mv - ms}{mv} \right) \cdot 100$$

Em que U% é o teor de umidade desejado, mv é o peso da massa verde e ms é o peso da massa seca. Este teor, foi definido por amostra, e depois por meio de média aritmética foi obtido o teor para cada componente.

### 5.3.1 Modelos para estimativa de Biomassa

Para o ajuste dos modelos de estoque de biomassa, foi utilizado como variável dependente a biomassa seca (kg) individual dos componentes, e como variáveis independentes o diâmetro da base (cm) e a altura total (m), com suas combinações e transformações. O ajuste das equações para estoque de biomassa foi realizado para seis modelos selecionados na literatura, os quais estão listados na Tabela 45.

O ajuste das equações foi realizado utilizando a linguagem de programação estatística R (função 'lm'). A partir dos dados de altura e diâmetro da base, foi estimada a biomassa seca dos compartimentos de cada indivíduo amostrado por meio das equações selecionadas, seguida da estimativa dos indivíduos amostrados no inventário.

Tabela 45: Modelos testados para estimativa de biomassa de cáudices para as samambaias arborescentes, na Floresta Nacional de Irati.

Número	Modelo
1	$w = \beta_0 + \beta_1 (d^2h)$
2	$w = \beta_0 + \beta_1 (d^2)$
3	$w = \beta_0 + \beta_1 (d)$
4	$\ln(w) = \beta_0 + \beta_1 (\ln d) + \beta_2 (\ln h)$
5	$\ln(w) = \beta_0 + \beta_1 (\ln d^2h)$
6	$\ln(w) = \beta_0 + \beta_1 (\ln d) + \beta_2 (\ln h) + \beta_3 (d^2h)$

Em que:  $\beta$  = coeficientes a serem ajustados;  $\ln$  = logaritmo natural;  $d$  = diâmetro da base (cm),  $h$  = altura total (m). Fonte: Ziemmer, Behling e Dalla Corte (2016).

Para os dois componentes da fronde (raque e pina), não foi realizada a modelagem, sendo utilizadas as médias para realizar a estimativa por indivíduo amostrado, seguida da estimativa dos indivíduos do inventário. A biomassa em  $t\ ha^{-1}$  foi obtida por meio da extrapolação.

### 5.3.2 Seleção dos modelos

Para a seleção do melhor modelo foram considerados os seguintes critérios: maior Coeficiente de Determinação Ajustado ( $R^2_{aj}$ ); menor Erro Padrão da Estimativa ( $Sy_x$  e  $Sy_x\%$ ); Análise Gráfica Residual homogênea e próxima a zero; Parâmetros ( $\beta$ ) significativos ao nível  $\alpha = 5\%$  de probabilidade de erro.

Nos casos em que o modelo matemático apresentou maior  $R^2_{aj}$ , menor  $Sy_x$  e  $Sy_x\%$  além de homogeneidade na análise gráfica, mas não apresentou parâmetros significativos, o mesmo foi reajustado excluindo-se os parâmetros não significativos.

Para os modelos matemáticos com emprego de logaritmos, o Erro Padrão da Estimativa ( $Sy_x$  e  $Sy_x\%$ ) e o  $R^2_{aj}$  foram recalculados para a variável biomassa.

## 5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.4.1 Biomassa de *Alsophila setosa*

Dos 30 indivíduos coletados, havia 257 frondes que somaram 89,546 kg, possuindo uma média de 8,6 frondes com peso médio de 2,985 kg, com o desvio padrão de 3,014 frondes e 1,749 kg por samambaia arborescente de *A. setosa*.



Detalhando os componentes, das 90 frondes pesadas separadamente, a parte da pina para o peso verde, somou 15,503 kg, com média de 0,517 kg e desvio padrão de 0,188 kg por fronde, correspondendo em média a 49,15 % do peso verde da fronde. Para a componente raque, também para o peso verde, obteve-se um total de 16,041 kg, com média de 0,535 kg e desvio padrão de 0,192 kg por fronde, correspondente a 50,58 % do peso verde da fronde.

Sobre o peso seco destes mesmos componentes das 90 frondes, a somatória foi de 5,689 kg, com média de 0,190 kg e desvio padrão de 0,074 por fronde. Para a componente pina, tem-se a soma foi de 3,427 kg, com média de 0,114 kg e desvio padrão de 0,048 kg, perfazendo 60,24 % do peso seco da fronde. Para a componente raque, a soma foi de 2,262 kg, com média de 0,075 kg e desvio padrão de 0,028 kg, perfazendo 39,76 % do peso seco da fronde.

Sobre a umidade (Tabela 46), para a fronde encontrou-se uma amplitude de, aproximadamente, de 10%, enquanto que para a pina a amplitude foi de cerca de 13% e para a raque cerca de 7%.

Tabela 46: Percentuais (mínimo, médio, máximo e desvio padrão) de umidade para a componente fronde de 30 indivíduos amostrados de *Alsophila setosa* na Floresta Nacional de Irati, PR.

Estatísticas	Componente (%)		
	Pina	Raque	Fronde
Mínimo	72,97	81,25	77,69
Médio	78,39	85,93	82,22
Máximo	85,59	88,10	86,25
Desvio padrão	2,84	1,33	1,91

Sobre a estimativa de biomassa de frondes por indivíduo (Tabela 47), primeiramente foi encontrado o valor médio por fronde (0,059 kg) multiplicado pela quantidade de frondes observadas no inventário, para posteriormente encontrar a estimativa das pinas e das raques. Para os 2847 indivíduos amostrados foram encontrados amplitude de 25 frondes e média de 7,3 frondes por indivíduo, perfazendo a estimativa de 1245,793 kg, sendo 747,476 kg para a componente pina e 498,317 kg para a componente raque.

Detalhando os dados de biomassa de indivíduos para as classes de altura (Tabela 48 e Figura 66), e também de kg para tonelada, para auxiliar na perspectiva da distribuição de biomassa de frondes dentro da estrutura populacional, percebe-se que as classes 3,3 a 5,3 englobam 36,9 % da biomassa de frondes, mesmo não sendo as classes que possuem maior número de indivíduos.

Tabela 47: Mínimo, médio, máximo e desvio padrão de biomassa e número observado (N) para a componente fronde de *Alsophila setosa* para a Área 1 (1,85 ha) na Floresta Nacional de Irati, PR.

Estatísticas	Componente			
	Pina (kg)	Raque (kg)	Fronde (kg)	N de frondes
Mínimo	0,036	0,238	0,059	1
Médio	0,262	0,175	0,437	7,3
Máximo	0,928	0,619	1,547	26
Desvio padrão	0,126	0,084	0,210	3,5

Tabela 48: Classes de altura com seus respectivos números de indivíduos observados (N) e estimativas de biomassa (em toneladas) para as componentes pina, raque e fronde de *Alsophila setosa* para a Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati.

Classe de altura (m)	N	Pina (t)	Raque (t)	Fronde (t)
1,3 + 2,3	615	0,121	0,080	0,202
2,3 + 3,3	522	0,123	0,082	0,206
3,3 + 4,3	496	0,139	0,093	0,233
4,3 + 5,3	466	0,136	0,090	0,227
5,3 + 6,3	391	0,116	0,077	0,194
6,3 + 7,3	237	0,071	0,047	0,119
7,3 + 8,3	103	0,033	0,022	0,055
8,3 +	17	0,005	0,003	0,008

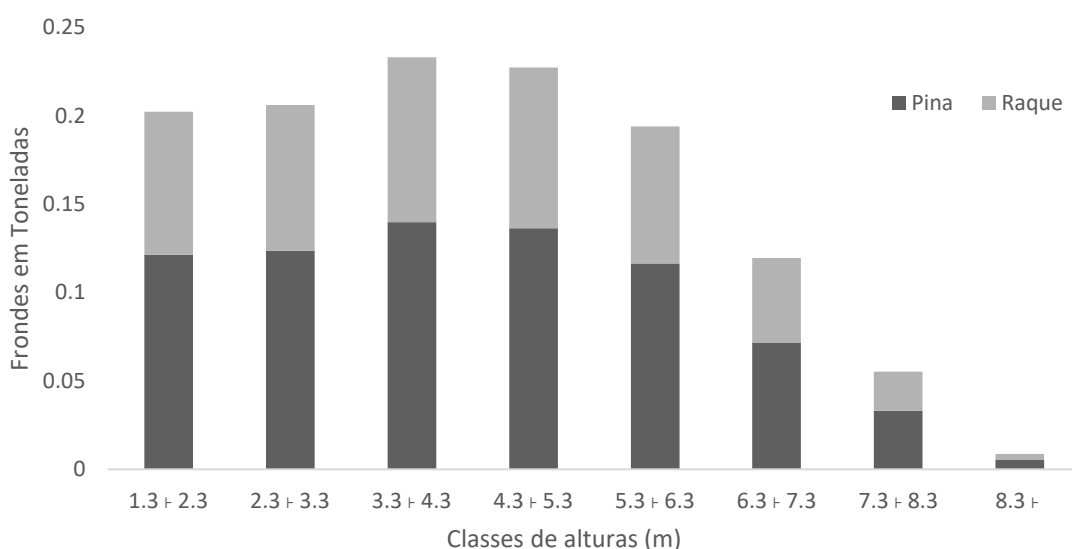


Figura 66: Classes de altura com suas respectivas estimativas de biomassa para as componentes pina, raque (e fronde por somatória) em toneladas para *Alsophila setosa* para a Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati.

Extrapolando a produção de frondes em toneladas por hectare, tem-se na área amostrada (1,85 ha) um total de 1,246 toneladas e, portanto, tem-se 0,673 t.ha<sup>-1</sup>. Para a componente fronde nas unidades amostrais, encontrou-se a média de 0,033 toneladas e desvio padrão de 0,023 toneladas. Para a componente pina, a média foi de 0,020 toneladas e desvio padrão de 0,014 toneladas por unidade amostral. Para a componente raque, a média foi de 0,013 toneladas e desvio padrão de 0,009 toneladas por unidade amostral.

Para o teor de umidade das frondes amostradas, foi encontrado o teor médio de 75,8%, mínimo de 69,1%, máximo de 86,4% e desvio padrão de 4,7%. Interessante ressaltar que dos 30 indivíduos, apenas um apresentou teor de umidade abaixo de 70%.

Sobre os dados do componente cáudice (Tabela 49), para os indivíduos coletados a amplitude foi de, aproximadamente, 14 cm para o diâmetro de base, 3,8 cm para o diâmetro à altura do peito (pois nem todos os indivíduos eram maiores que 1,3 m), cerca de 7,8 m para a altura, aproximadamente, 0,07 m<sup>3</sup> para o volume e cerca de 13,5 kg para biomassa. Dos indivíduos amostrados, obteve-se o volume de 0,971, m<sup>3</sup> totalizando 163,593 kg.

Tabela 49: Mínimo, médio, máximo e desvio padrão para diâmetro de base ( $d_{base}$ ), diâmetro à altura do peito (DAP), altura total (H), volume (V), biomassa para o cáudice de 30 indivíduos de *Alsophila setosa*, na Floresta Nacional de Irati.

Variáveis	$d_{base}$ (cm)	DAP (cm)	H (m)	V (m <sup>3</sup> )	Biomassa (kg)
Mínimo	7,50	0,00	0,82	0,0056	0,4163
Médio	11,93	8,22	4,01	0,0324	5,4531
Máximo	21,30	12,00	8,00	0,0759	13,9622
Desvio padrão	3,41	3,55	2,31	0,0212	4,3517

Para a estimativa da biomassa do componente cáudice, após análise estatística (Tabela 50 e Figura 67), optou-se pelo modelo 4.

Tabela 50: Coeficientes estimados ( $\beta$ ), Coeficiente de Determinação ( $R^2_{aj}$ ) e Erro Padrão da Estimativa ( $Sy_x$ ) e em Porcentagem ( $Sy_x\%$ ) dos modelos para biomassa do cáudice ajustados para *Alsophila setosa*, na Floresta Nacional de Irati.

Modelo	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$R^2_{aj}$	$Sy_x$ (kg)	$Sy_x\%$
1	2,263905	0,004235	-	-	0,61	2,73	49,98
2	ns	0,034320	-	-	0,40	3,31	60,74
3	-4,947487	0,871802	-	-	0,45	4,43	81,21
4	-1,298977	0,332756	1,451229	-	0,81	1,92	35,16
5	-4,290704	0,909725	-	-	0,45	3,24	59,33
6	-1,298977	0,332756	1,451229	ns	0,81	1,92	35,16

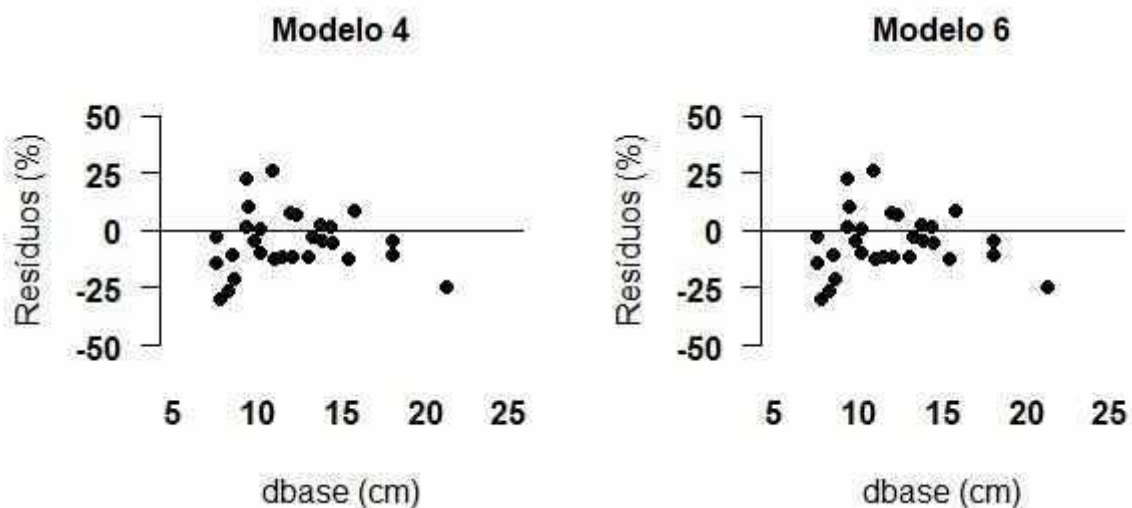


Figura 67: Dispersão de resíduos da estimativa da biomassa de cáudice para os dois melhores modelos ajustados para *Alsophila setosa*, na Floresta Nacional de Irati.

Utilizando o modelo 4 para extrapolar a biomassa de cáudice para a população de *A. setosa*, encontrou-se para os 2847 indivíduos amostrados um total de 13764,814 kg, com valores: mínimo de 0,792 kg, médio de 4,834 kg, máximo de 17,163 kg e desvio padrão de 3,048 kg. Como o erro é de 24,56 %, entende-se que a biomassa do cáudice pode variar entre 8933,364 e 18596,264 kg.

Utilizando classes de altura (Tabela 51 e Figura 68) para compreender melhor como se distribui a biomassa dentro da estrutura populacional, com dados transformados de quilograma para tonelada, constatou-se que a classe 5,3-6,3 representa 21,7 % da biomassa de cáudice, mesmo não sendo a mais numerosa.

Tabela 51: Classes de altura com seus respectivos números de indivíduos observados (N) e estimativas de biomassa (em toneladas) de cáudice para *Alsophila setosa*, na Área 1 (1,85 ha) na Floresta Nacional de Irati.

Classe de altura (m)	N	Cáudice (t)
1,3 + 2,3	615	0,891
2,3 + 3,3	522	1,380
3,3 + 4,3	496	2,039
4,3 + 5,3	466	2,701
5,3 + 6,3	391	2,987
6,3 + 7,3	237	2,287
7,3 + 8,3	103	1,235
8,3 +	17	0,014

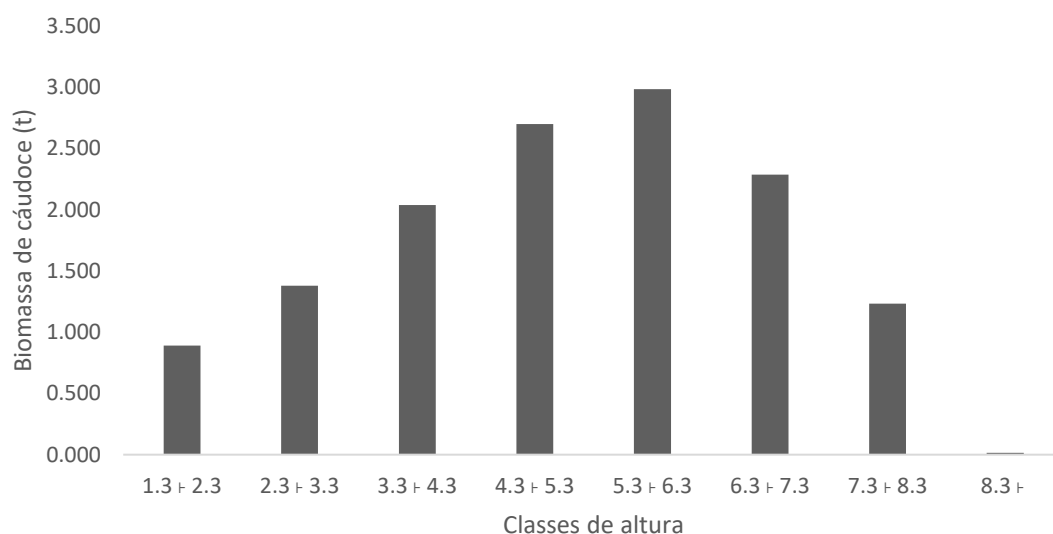


Figura 68: Classes de altura com suas respectivas estimativas de biomassa de cáudice para *Alsophila setosa* em toneladas para a Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati.

Sobre a biomassa de cáudice em toneladas por hectare, tem-se na área amostrada (1,85 ha) um total de 13,765 toneladas e, portanto, tem-se  $7,44 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Tem-se a média de 0,393 toneladas e desvio padrão de 0,277 toneladas por unidade amostral.

Assumindo que não existem diferenças estatísticas entre as Áreas 1 e 2, pode-se estimar a biomassa para a Área 2. Neste caso, para os 661 indivíduos de *A. setosa* amostrados tem-se a soma de 312,832 kg para a componente fronde, para a componente pina tem-se um total de 187,699 kg, para a componente raque tem-se a soma de 125,133 kg (Tabela 52).

Para o número mínimo de frondes (zero), justifica-se por ser um indivíduo que possuía apenas báculos e, desconsiderando este indivíduo, o número mínimo de frondes passa a ser 1 fronde.

Tabela 52: Mínimo, médio, máximo e desvio padrão de biomassa (em kg) e número observado (N) de frondes de *Alsophila setosa* para a Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati, PR.

Estatísticas	Componente			N de frondes
	Pina	Raque	Fronde	
Mínimo	0,036	0,024	0,059	0
Médio	0,284	0,190	0,474	8
Máximo	0,714	0,476	1,190	20
Desvio padrão	0,124	0,083	0,207	3,5

Avaliando os dados de biomassa dos indivíduos para as classes de altura (Tabela 53 e Figura 69), e também de kg para tonelada, para melhor compreender a distribuição de

biomassa de frondes dentro da estrutura populacional, percebe-se que a classe 3,3 a 4,3 englobou 24,2 % da biomassa de frondes, mesmo não sendo a classe que possui maior número de indivíduos.

Tabela 53: Classes de altura com seus respectivos números de indivíduos observados (N) e estimativas de biomassa (em tonelada) de *Alsophila setosa* para as componentes pina, raque e fronde para a Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati.

Classe de altura (m)	N	Pina	Raque	Fronde
1,3 + 2,3	174	0,03538	0,02358	0,0590
2,3 + 3,3	138	0,03713	0,02475	0,0619
3,3 + 4,3	147	0,04537	0,03025	0,0756
4,3 + 5,3	94	0,03041	0,02028	0,0507
5,3 + 6,3	75	0,02738	0,01825	0,0456
6,3 + 7,3	28	0,00999	0,00666	0,0167
7,3 + 8,3	5	0,00235	0,00156	0,0039

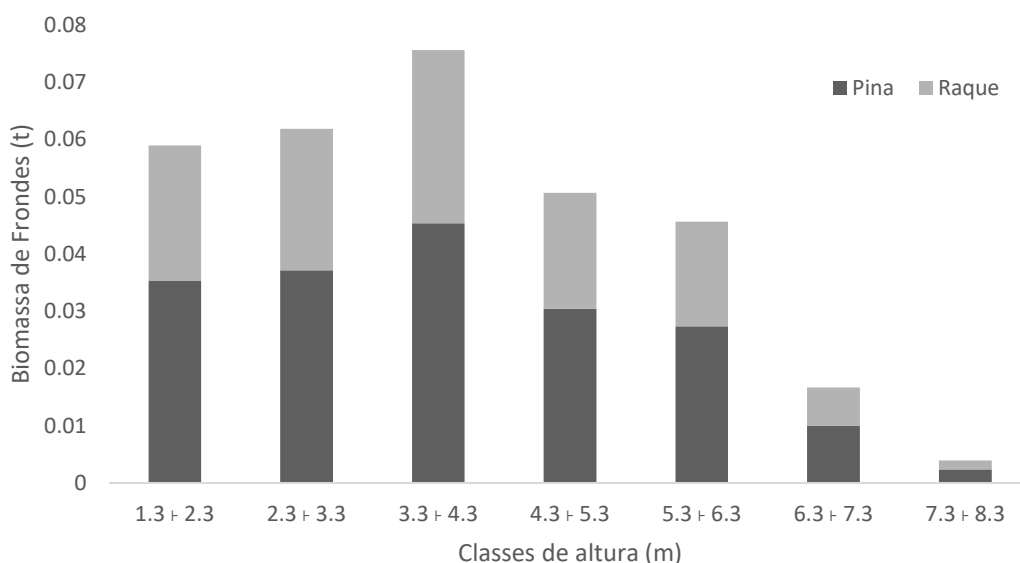


Figura 69: Classes de altura com suas respectivas estimativas de biomassa de *Alsophila setosa* para as componentes pina, raque (e fronde por somatória) em toneladas para a Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati.

Estimando a produção de frondes em toneladas por hectare, encontrou-se na área amostrada (1,1 ha) um total de 0,312 toneladas e, portanto, 0,284 t.ha<sup>-1</sup>. Para a componente fronde nas unidades amostrais, a média foi de 0,014 toneladas e desvio padrão de 0,016 toneladas. Para a componente pina a média foi de 0,008 toneladas e desvio padrão de 0,009 toneladas por unidade amostral. Para a componente raque, obteve-se a média de 0,005 toneladas e desvio padrão de 0,006 toneladas por unidade amostral.

Utilizando o modelo para extrapolar a biomassa de cáudice para a população de *A. setosa*, para os 661 indivíduos amostrados obteve-se um total de 2642,918 kg, com valores: mínimo de 0,839 kg, médio de 3,998 kg, máximo de 13,037 kg e desvio padrão de 2,506 kg. Como o erro é de 24,56 %, a biomassa do cáudice pode variar entre 1715,253 kg e 3570,582 kg.

Utilizando classes de altura (Tabela 54 e Figura 70) para compreender melhor como se distribui a biomassa dentro da estrutura populacional, com dados transformados de quilograma para tonelada, a classe 3,3-4,3 corresponde a 22,7 % da biomassa de cáudice, mesmo não sendo a mais numerosa. Além disso, a classe 5,3-6,3, mesmo possuindo próximo da metade dos indivíduos da classe 3,3-4,3, possui um valor muito próximo de biomassa, fazendo com que a diferença da altura se sobressaia ao número menor de indivíduos.

Tabela 54: Classes de altura com seus respectivos números de indivíduos observados (N) e estimativas de biomassa (em tonelada) de cáudice para *Alsophila setosa* para a Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati.

Classe de altura (m)	N	Cáudice
1,3 f 2,3	174	0,240572
2,3 f 3,3	138	0,354841
3,3 f 4,3	147	0,6003
4,3 f 5,3	94	0,541427
5,3 f 6,3	75	0,574781
6,3 f 7,3	28	0,272634
7,3 f 8,3	5	0,058359

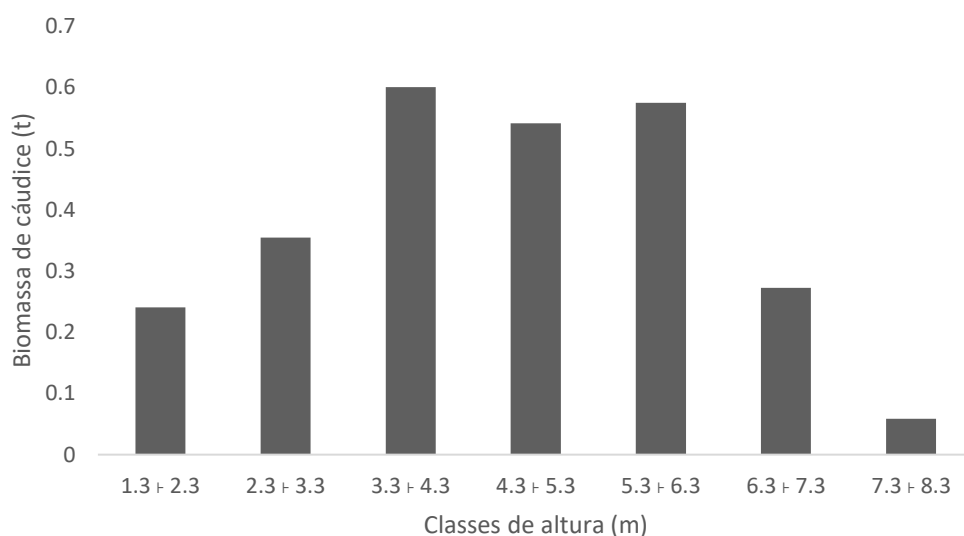


Figura 70: Classes de altura com suas respectivas estimativas de biomassa de cáudice para *Alsophila setosa* em toneladas para a Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati.

Sobre a biomassa de cáudice em toneladas por hectare, na área amostrada (1,1 ha) obteve-se um total de 2,643 toneladas e, portanto, 2,40 t.ha<sup>-1</sup>, com média de 0,155 toneladas e desvio padrão de 0,154 toneladas por unidade amostral.

Sobre estudos de biomassa de samambaia arborescente, tem-se a pesquisa de Ziemmer, Behling e Dalla Corte (2016), para *D. sellowiana* e *C. corcovadensis*) de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no município de Rio Negro, PR. Mesmo *A. setosa* e *C. corcovadensis* pertencendo a mesma família, optou-se por não realizar comparações por pertencer a gêneros distintos.

#### 5.4.2 Biomassa de *Cyathea* spp

Para as 90 frondes amostradas para o gênero *Cyathea*, para o peso verde obteve-se um total de 47,762 kg; para a componente pina, um total de 20,698 kg, com média de 0,690 kg e desvio padrão de 0,242 kg, correspondendo a 43,34 % do peso verde da fronde; para a componente raque, a soma foi de 27,064 kg, com média de 0,902 kg e desvio padrão de 0,388 kg, correspondendo a 56,66% do peso verde da fronde.

Para o peso seco, o total foi de 7,127 kg para as frondes amostradas; para a componente pina a soma foi de 4,027 kg, com média de 0,134 kg e desvio padrão de 0,056 kg, perfazendo 56,5 % do peso seco da fronde; para a componente raque o total foi de 3,100 kg, com média de 0,103 kg e desvio padrão de 0,046 kg, perfazendo 43,5 % do peso seco da fronde.

Para os teores de umidade das frondes e seus componentes (Tabela 55), para a componente pina encontrou-se uma amplitude de, aproximadamente, 12 %, para a componente raque cerca de 6 % e para a fronde, pouco mais de 10 %.

Tabela 55: Percentuais (mínimo, médio, máximo e desvio padrão) de umidade para frondes de 30 indivíduos amostrados de *Cyathea* spp na Floresta Nacional de Irati, PR.

Estatísticas	Componente (%)		
	Pina	Raque	Fronde
Mínimo	74,16	84,75	78,40
Médio	80,71	88,37	84,91
Máximo	86,43	90,69	89,03
Desvio padrão	2,85	1,41	2,31

Para a estimativa de biomassa de frondes por indivíduo (Tabela 56), depois de encontrado o valor médio por fronde (0,075 kg), este foi multiplicado pela quantidade de



frondes observadas no inventário, para encontrar a estimativa das pinas e das raques. Para os 38 indivíduos amostrados, foi encontrada uma amplitude de 22 frondes e média de 11,3 frondes por indivíduo, perfazendo a estimativa de 31,550 kg, sendo 17,826 kg para a componente pina e 13,724 kg para a componente raque.

Tabela 56: Mínimo, médio, máximo e desvio padrão de biomassa (em kg) e número observado (N) de frondes de 30 indivíduos amostrados de *Cyathea* spp na Floresta Nacional de Irati, PR.

Estatísticas	Componentes			
	Pinas	Raque	Fronde	N
Mínimo	0,126	0,097	0,224	3
Médio	0,469	0,361	0,830	11,3
Máximo	1,054	0,811	1,865	25
Desvio padrão	0,215	0,166	0,381	5,4

Avaliando a biomassa dos indivíduos para as classes de altura (Tabela 57 e Figura 71), e também de kg para tonelada (para melhor compreender a distribuição de biomassa de frondes dentro da estrutura populacional), percebe-se que a classe que possui o maior número de indivíduos (1,3-2,3) também apresentou a maior quantidade de biomassa de frondes. Também foi possível notar que a classe 4,3-5,3, tendo menos indivíduos que a classe 2,3-3,3, tem maior produção de biomassa.

Estimando a produção de frondes em toneladas por hectare, encontrou-se na área amostrada (1,85 ha) um total de 0,032 toneladas e, portanto, 0,017 t.ha<sup>-1</sup>. Para a componente fronde nas unidades amostrais, a média foi de 0,0017 toneladas e desvio padrão de 0,0014 toneladas. Para a componente pina, a média foi de 0,0009 toneladas e desvio padrão de 0,0007 toneladas por unidade amostral. Para a componente raque, a média foi de 0,0007 toneladas e desvio padrão de 0,0006 toneladas por unidade amostral.

Tabela 57: Classes de altura com seus respectivos números de indivíduos observados (N) e estimativas de biomassa de *Cyathea* spp para as componentes pina, raque e fronde para a Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati.

Classe de altura (m)	N	Pina	Raque	Fronde
1,3 + 2,3	16	0,00518	0,00399	0,0092
2,3 + 3,3	8	0,00320	0,00247	0,0057
3,3 + 4,3	3	0,00190	0,00146	0,0034
4,3 + 5,3	5	0,00392	0,00302	0,0069
5,3 + 6,3	2	0,00131	0,00101	0,0023
6,3 + 7,3	3	0,00169	0,00130	0,0030
7,3 +	1	0,00063	0,00049	0,0011

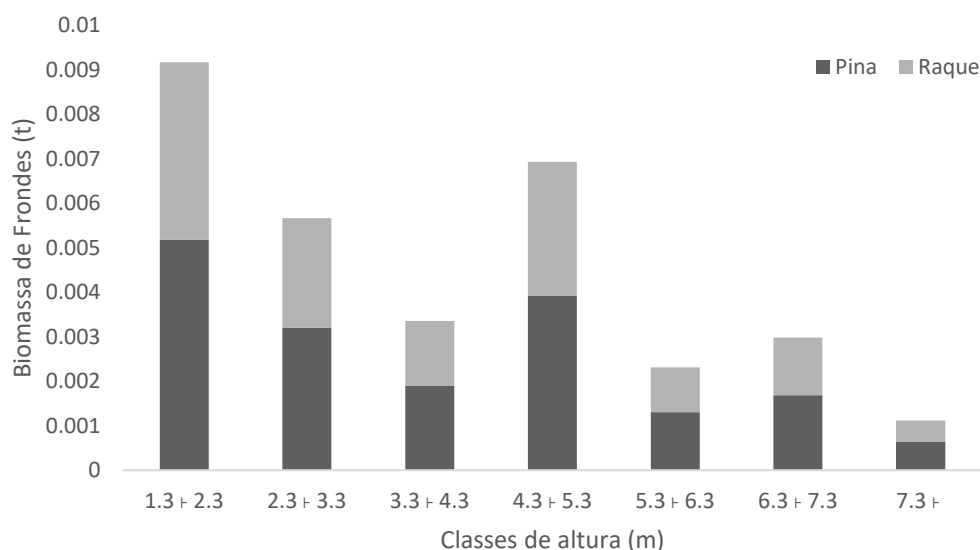


Figura 71: Classes de altura com suas respectivas estimativas de biomassa de *Cyathea* spp para as componentes pina, raque (e fronde por somatória) em toneladas para a Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati.

Sobre o teor de umidade dos cáudices amostrados de *Cyathea* spp, obtiveram-se os valores mínimos de 67,36 %, médio de 76 %, máximo de 85,33 % e desvio padrão de 4,5 %. Não houve valores discrepantes. Sobre os dados do componente cáudice (Tabela 58), para os indivíduos coletados, a amplitude foi de aproximadamente 30 cm para o diâmetro de base, 8 cm para o diâmetro à altura do peito (pois nem todos têm altura maior que 1,3 m), cerca de 6,7 m para a altura, aproximadamente 0,166 m<sup>3</sup> para o volume, cerca de 23,200 kg para biomassa. Para os indivíduos amostrados, o volume foi de 2,107 m<sup>3</sup>, somando 336,772 kg.

Tabela 58: Mínimo, médio, máximo e desvio padrão para diâmetro de base ( $d_{base}$ ), diâmetro à altura do peito (DAP), altura (H), volume (V), biomassa para o cáudice de 30 indivíduos amostrados de *Cyathea* spp na Floresta Nacional de Irati.

Variáveis	$d_{base}$ (cm)	DAP (cm)	H (m)	V (m <sup>3</sup> )	Biomassa (kg)
Mínimo	7,30	0,00	0,40	0,0027	0,3063
Médio	18,44	12,69	3,79	0,0703	11,2257
Máximo	37,10	20,70	7,10	0,1687	23,5655
Desvio padrão	6,72	6,35	2,16	0,0473	8,0852

Para a estimativa da biomassa do componente cáudice, após análise estatística (Tabela 59 e Figura 72), optou-se pelo modelo 6.

Tabela 59: Coeficientes estimados ( $\beta$ ), Coeficiente de Determinação ( $R^2_{aj}$ ) e Erro Padrão da Estimativa ( $Syx$ ) e em Porcentagem ( $Syx\%$ ) dos modelos para biomassa do cáudice ajustados para *Cyathea* spp na Floresta Nacional de Irati.

Modelo	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$R^2_{aj}$	$Syx$ (kg)	$Syx\%$
1	4,953186	0,003354	-	-	0,63	4,91	43,69
2	ns	0,026388	-	-	0,46	5,83	51,95
3	-6,912487	0,983812	-	-	0,66	4,73	42,16
4	ns	0,080132	1,535020	-	0,85	3,09	27,53
5	-3,835189	0,843919	-	-	0,47	5,87	52,33
6	-2,647392	1,169219	1,326160	-0,000125	0,91	2,45	21,79

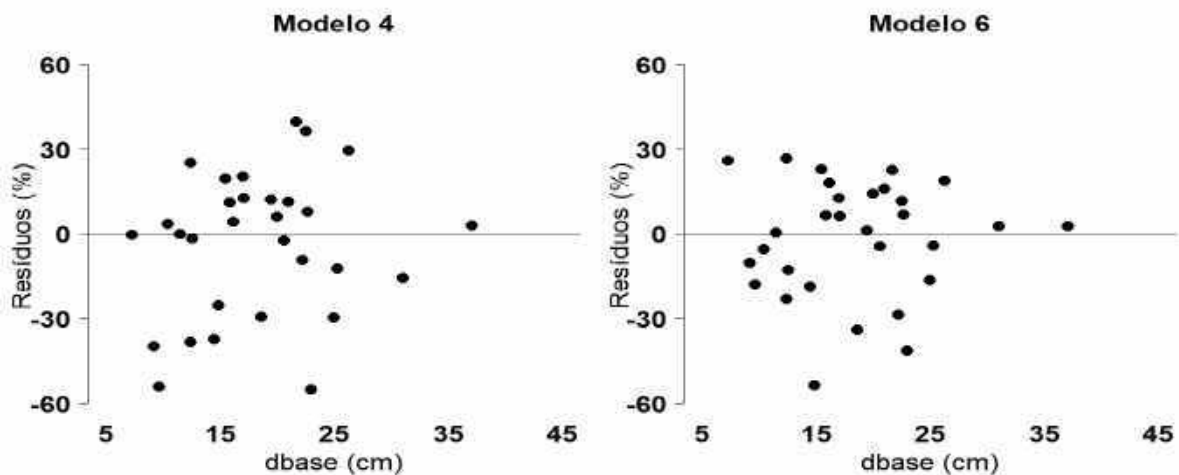


Figura 72: Dispersão de resíduos da biomassa de cáudice para os dois melhores modelos ajustados para *Cyathea* spp na Floresta Nacional de Irati.

Utilizando o modelo 6 para extrapolar a biomassa de cáudice para a população de *Cyathea* spp, foi encontrado para os 38 indivíduos amostrados, um total de 295,451 kg, com valores: mínimo de 1,758 kg, médio de 7,775 kg, máximo de 25,026 kg e desvio padrão de 6,226 kg. Como o erro é de 21,79 %, a biomassa do cáudice varia entre 231,338 kg e 359,564 kg.

Utilizando classes de altura (Tabela 60 e Figura 73) para compreender melhor como se distribui a biomassa dentro da estrutura populacional, com dados transformados de quilograma para tonelada, notou-se que a classe 1,3-2,3 possui quase a metade da população amostrada, mas a que possui maior quantidade de biomassa é a classe 6,3-7,3 com apenas três indivíduos.

Observou-se também, que a classe 2,3-3,3 possui quantidade de biomassa próxima à classe 1,3-2,3, mesmo possuindo a metade dos indivíduos. Algo parecido acontece com as classes 4,3-5,3 e 6,3-7,3, mostrando que a diferença da altura se sobressaiu ao número menor de indivíduos.

Tabela 60: Classes de altura com seus respectivos números de indivíduos observados (N) e estimativas de biomassa de cáudice para *Cyathea* spp para a Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati.

Classe de altura (m)	N	Cáudice
1,3 + 2,3	16	0,048378
2,3 + 3,3	8	0,045464
3,3 + 4,3	3	0,028136
4,3 + 5,3	5	0,060531
5,3 + 6,3	2	0,024557
6,3 + 7,3	3	0,063355
7,3 +	1	0,025026

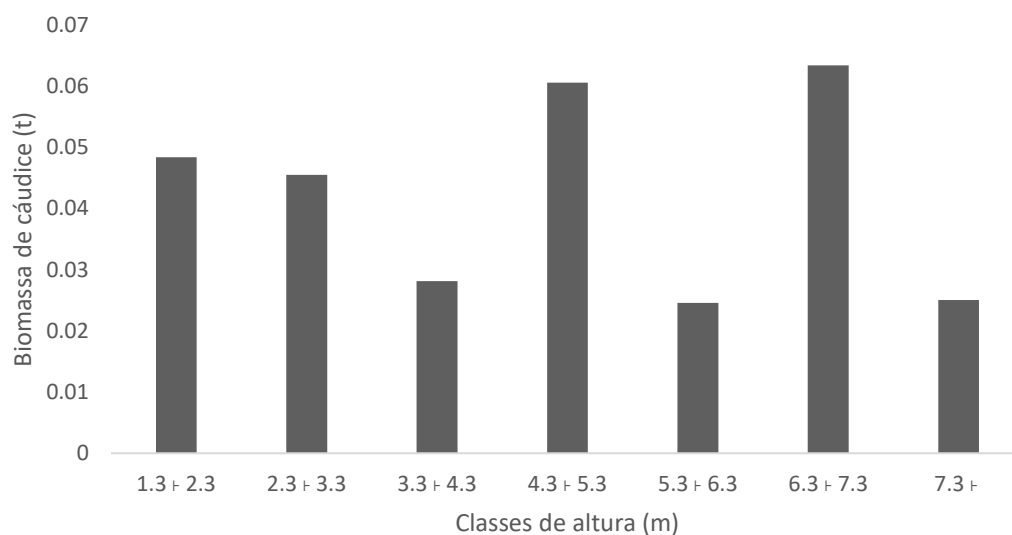


Figura 73: Classes de altura com suas respectivas estimativas de biomassa de cáudice para *Cyathea* spp em toneladas para a Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati.

Sobre a biomassa de cáudice em toneladas por hectare, para a área amostrada (1,85 ha) foi encontrado um total de 0,295 toneladas e, portanto,  $0,160 \text{ t.ha}^{-1}$ , com média de 0,016 toneladas e desvio padrão de 0,015 toneladas por unidade amostral.

Considerando que não existem diferenças estatísticas para *Cyathea* spp nas Áreas 1 e 2, foi utilizado o valor médio por fronde (0,075 kg) e multiplicado pela quantidade de frondes observadas no inventário (Tabela 61), para encontrar a estimativa das pinas e das raques. Para os seis indivíduos amostrados foram encontrados um somatório de 67 frondes, uma amplitude de 11 frondes e a estimativa de 4,997 kg, sendo 2,823 kg para a componente pina e 2,174 kg para a componente raque.

Tabela 61: Valores mínimo, médio, máximo e desvio padrão de biomassa e número observado (N) de frondes de *Cyathea* spp para a Área 2 (1,1 ha) na Floresta Nacional de Irati, PR.

Estatísticas	Componentes			
	Pina	Raque	Fronde	N de frondes
Mínimo	0,253	0,195	0,448	6
Médio	0,471	0,362	0,833	11,2
Máximo	0,716	0,552	1,268	17
Desvio padrão	0,187	0,144	0,332	4,4

Utilizando os dados de biomassa dos indivíduos para elaborar as classes de altura (Tabela 62 e Figura 74), e também para transformar de kg para tonelada, facilitando a compreensão da distribuição de biomassa de frondes dentro da estrutura populacional, percebe-se que a classe com maior número de indivíduos (1,3-2,3) possui maior quantidade de biomassa de frondes.

Tabela 62: Classes de altura com seus respectivos números de indivíduos observados (N) e estimativas de biomassa (em tonelada) de *Cyathea* spp para as componentes pina, raque e fronde para a Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati.

Classe de altura (m)	Pina	Raque	Fronde	N
1,3 + 2,3	0,00202	0,00156	0,0036	4
2,3 + 3,3	0,00055	0,00042	0,0010	1
3,3 + 4,3	0,00025	0,00019	0,0004	1

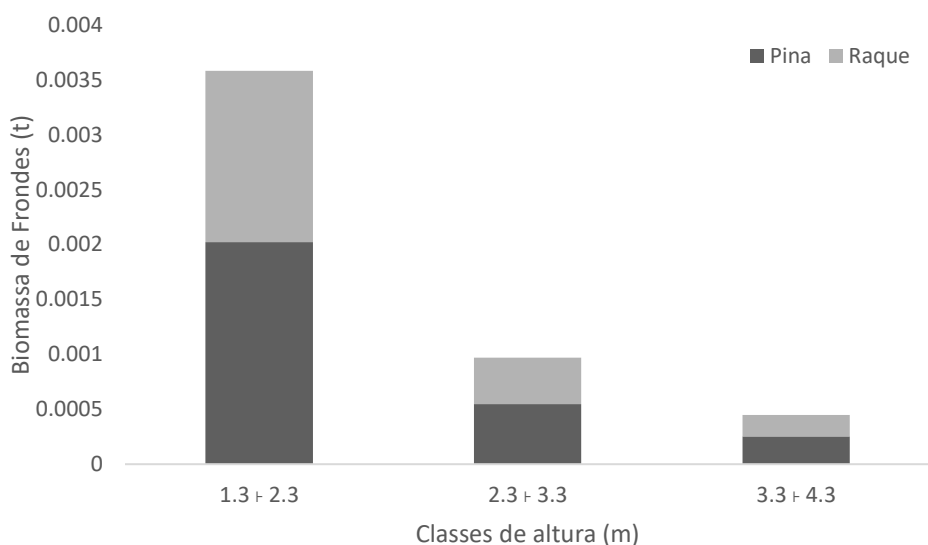


Figura 74: Classes de altura com suas respectivas estimativas de biomassa de *Cyathea* spp para as componentes pina, raque (e fronde por somatória) em toneladas para a Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati.

Estimando a produção de frondes em toneladas por hectare, para a área amostrada (1,1 ha) foi encontrado um total de 0,005 toneladas e, portanto, 0,0045 t.ha<sup>-1</sup>; para a componente fronde nas unidades amostrais, a média foi de 0,0008 toneladas e desvio padrão de 0,0003 toneladas; para a componente pina a média foi de 0,0005 toneladas e desvio padrão de 0,0002 toneladas por unidade amostral; para a componente raque a média foi de 0,0004 toneladas e desvio padrão de 0,0001 toneladas por unidade amostral.

Utilizando o modelo 6 para extrapolar a biomassa de cáudice para a população de *Cyathea* spp, tem-se para os 6 indivíduos amostrados um total de 29,627 kg, com valores: mínimo de 3,546 kg, médio de 4,937 kg, máximo de 7,162 kg e desvio padrão de 1,337 kg. Como o erro é de 21,79 %, a biomassa do cáudice pode variar entre 23,198 kg e 36,056 kg.

Utilizando classes de altura (Tabela 63 e Figura 75) para compreender melhor como se distribui a biomassa dentro da estrutura populacional, com dados transformados de quilograma para tonelada, notou-se que o indivíduo da classe 2,3-3,3 possui volume maior que o indivíduo da classe 3,3-4,3, o que pode ser explicado pelo fato que o primeiro tem o diâmetro de base maior que o segundo.

Tabela 63: Classes de altura com seus respectivos números de indivíduos observados (N) e estimativas de biomassa de cáudice para *Cyathea* spp para a Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati.

Classe de altura (m)	N	Cáudice
1,3 + 2,3	4	0,0165
2,3 + 3,3	1	0,0071
3,3 + 4,3	1	0,0059

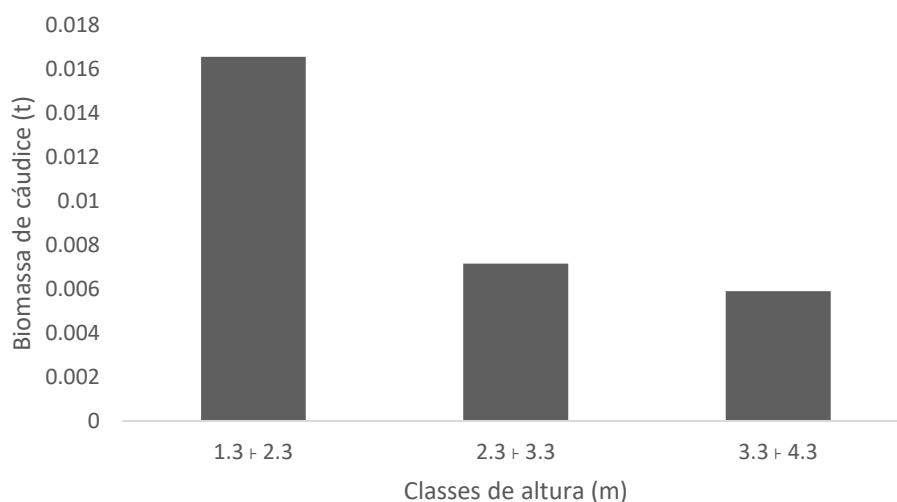


Figura 75: Classes de altura com suas respectivas estimativas de biomassa de cáudice para *Cyathea* spp em toneladas para a Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati.

Sobre a biomassa de cáudice em toneladas por hectare, na área amostrada (1,1 ha) foi encontrado um total de 0,03 toneladas e, portanto, 0,026 t.ha<sup>-1</sup>, com média de 0,005 toneladas e desvio padrão de 0,001 toneladas por unidade amostral.

Sobre estudos de biomassa de samambaia arborescente, Ziemmer, Behling e Dalla Corte (2016), além da biomassa também quantificaram os teores de carbono em duas espécies de fetos arborescentes (20 indivíduos de *Dicksonia sellowiana* e 20 de *Cyathea corcovadensis*) de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no município de Rio Negro, PR.

Dos dados do presente estudo, dos 30 indivíduos, apenas dois pertencem a espécie *Cyathea corcovadensis* e, se tratando que espécies do mesmo gênero costumam compartilhar características, torna-se válida a comparação a nível de gênero.

Os fetos arborescentes de *Cyathea corcovadensis* apresentaram biomassa total de 3,53 t.ha<sup>-1</sup> (2,75 t.ha<sup>-1</sup> para cáudice e 0,47 t.ha<sup>-1</sup> para frondes). O teor médio de carbono foi de 40,53% para o cáudice e 38,64% para as frondes, com estoque de carbono de 1,11 t.ha<sup>-1</sup> e 0,18 t.ha<sup>-1</sup>, respectivamente (ZIEMMER; BEHLING; DALLA CORTE, 2016).

*Cyathea* spp apresentou para a biomassa do cáudice 0,16 t.ha<sup>-1</sup> para a Área 1 e 0,026 t.ha<sup>-1</sup> para a Área 2. A diferença do esforço amostral entre os estudos, pode explicar a diferença da biomassa estimada para o componente cáudice. O fato de Ziemmer, Behling e Dalla Corte (2016) utilizarem método não destrutivo também pode explicar a diferença dos dados, se tratando que o presente estudo foi por método destrutivo.

Para a componente fronde Ziemmer, Behling e Dalla Corte (2016) não realizaram subdivisão, então os dados foram comparados levando em consideração somente a componente fronde. *Cyathea* spp apresentou para a biomassa das frondes 0,017 t.ha<sup>-1</sup> para a Área 1 e 0,0045 t.ha<sup>-1</sup> para a Área 2. A diferença do esforço amostral entre os estudos além da diferença na metodologia, pode explicar a diferença da biomassa estimada para a componente fronde.

#### 5.4.3 Biomassa de *Dicksonia sellowiana*

Para as 90 frondes amostradas para *Dicksonia sellowiana*, para o peso verde foi encontrado um total de 22,073 kg; para a componente pina, um total de 9,116 kg, com média de 0,304 kg e desvio padrão de 0,139 kg, correspondendo a 41,3 % do peso verde da fronde;

para a componente raque, a soma foi de 12,957 kg, com média de 0,432 kg e desvio padrão de 0,222 kg, correspondendo a 58,7 % do peso verde da fronde.

Para o peso seco, obteve-se um total de 5,074 kg para as frondes amostradas; para a componente pina, a soma foi de 2,896 kg, com média de 0,097 kg e desvio padrão de 0,048 kg, perfazendo 57,08 % do peso seco da fronde; para a componente raque, o total foi de 2,178 kg, com média de 0,073 kg e desvio padrão de 0,038 kg, perfazendo 42,92 % do peso seco da fronde.

Para os teores de umidade das frondes e seus componentes (Tabela 64), para a componente pina obteve-se uma amplitude de, aproximadamente, 14 %, para a componente raque cerca de 12 % e para a fronde, pouco mais de 14,5 %.

Tabela 64: Percentuais (mínimo, médio, máximo e desvio padrão) de umidade para frondes de 30 indivíduos mostrados de *Dicksonia sellowiana* na Floresta Nacional de Irati, PR.

Estatísticas	Componentes (%)		
	Pina	Raque	Fronde
Mínimo	62,71	77,87	71,41
Médio	68,84	83,16	77,17
Máximo	76,34	89,67	85,99
Desvio padrão	3,14	2,34	2,79

Sobre a estimativa de biomassa de frondes por indivíduo (Tabela 65), depois de encontrado o valor médio por fronde (0,054 kg), este foi multiplicado pela quantidade de frondes observadas no inventário, para encontrar a estimativa das pinas e das raques de acordo com cada porcentagem que cada componente representa. Para os 152 indivíduos amostrados foram encontrados amplitude de 35 frondes, totalizando a estimativa de 164,466 kg, sendo 83,486 kg para a componente pina e 62,980 kg para a componente raque.

Tabela 65: Mínimo, médio, máximo e desvio padrão de biomassa (kg) e número observado (N) de frondes de *Dicksonia sellowiana* para a Área 1 (1,85 ha) na Floresta Nacional de Irati, PR.

Estatísticas	Componentes			N de frondes
	Pinas	Raque	Fronde	
Mínimo	0,031	0,023	0,055	1
Médio	0,542	0,409	0,951	17,4
Máximo	1,119	0,844	1,963	36
Desvio padrão	0,233	0,176	0,409	7,5



Detalhando os dados de biomassa dos indivíduos em classes de altura (Tabela 66 e Figura 76), e também de kg para tonelada, para auxiliar a compreender a distribuição de biomassa de frondes dentro da estrutura populacional, percebe-se que a classe com maior número de indivíduos (1,3-2,3) possui maior quantidade de biomassa de frondes.

Sobre a produção de frondes em toneladas por hectare, na área amostrada (1,85 ha) foi encontrado um total de 0,146 toneladas e, portanto,  $0,079 \text{ t.ha}^{-1}$ , para a componente fronde nas unidades amostrais, obteve-se a média de 0,0054 toneladas e desvio padrão de 0,0066 toneladas; para a componente pina, foi obtida a média de 0,0031 toneladas e desvio padrão de 0,0038 toneladas por unidade amostral; para a componente raque, a média foi de 0,0023 toneladas e desvio padrão de 0,0028 toneladas por unidade amostral.

Tabela 66: Classes de altura com seus respectivos números de indivíduos observados (N) e estimativas de biomassa (em tonelada) de *Dicksonia sellowiana* para as componentes pina, raque e fronde para a Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati.

Classe de altura (m)	N	Pina	Raque	Fronde
1,3 + 2,3	51	0,02583	0,01949	0,0453
2,3 + 3,3	32	0,01781	0,01344	0,0312
3,3 + 4,3	33	0,01874	0,01414	0,0329
4,3 + 5,3	21	0,01243	0,00938	0,0218
5,3 + 6,3	10	0,00516	0,00389	0,0091
6,3 + 7,3	4	0,00273	0,00206	0,0048
7,3 +	1	0,00044	0,00033	0,0008

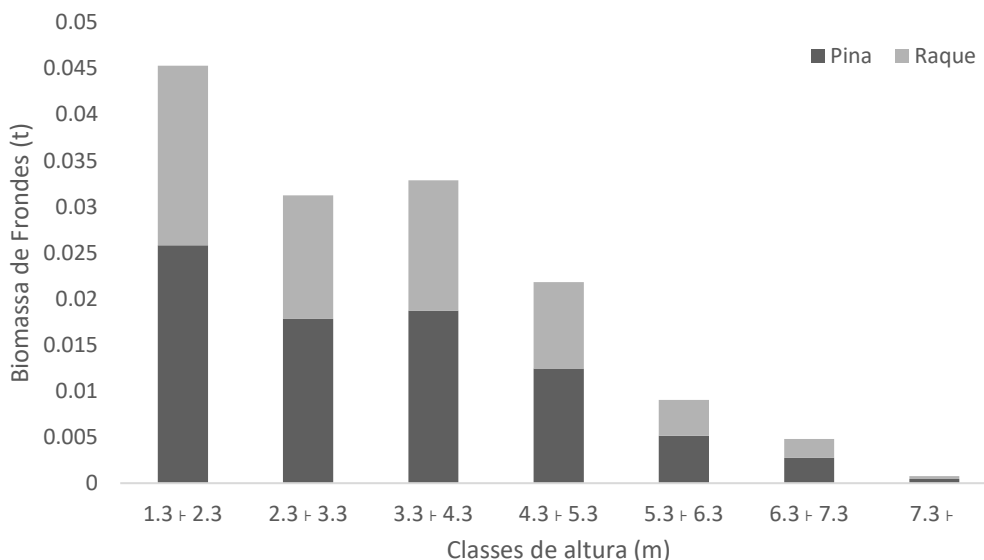


Figura 76: Classes de altura com suas respectivas estimativas de biomassa de *Dicksonia sellowiana* para as componentes pina, raque (e fronde por somatória) em toneladas para a Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati.

Sobre o teor de umidade dos cáudices de *Dicksonia sellowiana*, foram encontrados os valores mínimos de 63,51 %, médio de 75,38 %, máximo de 80,97 % e desvio padrão de 3,9 %. Não foram encontrados valores discrepantes.

Sobre os dados do componente cáudice (Tabela 67), para os indivíduos coletados obteve-se amplitude de, aproximadamente, 58 cm para o diâmetro de base, 14 cm para o diâmetro à altura do peito (pois nem todos têm altura maior que 1,3 m), cerca de 6,15 m para a altura, aproximadamente 0,500 m<sup>3</sup> para o volume, cerca de 62,5 kg para biomassa. Para os indivíduos amostrados, o volume foi de 4,715 m<sup>3</sup>, totalizando 520,751 kg.

Tabela 67: Mínimo, médio, máximo e desvio padrão para diâmetro de base ( $d_{base}$ ), diâmetro à altura do peito (DAP), altura (H), volume (V), biomassa para o cáudice de *Dicksonia sellowiana*, na Floresta Nacional de Irati.

Variáveis	$d_{base}$ (cm)	DAP (cm)	H (m)	V (m <sup>3</sup> )	Biomassa (kg)
Mínimo	12,00	0	0,65	0,0070	0,9247
Médio	33,56	23,30	3,11	0,1572	17,3584
Máximo	70,00	39,00	6,80	0,5093	63,3977
Desvio padrão	14,83	6,42	1,84	0,1432	16,4724

Para a estimativa da biomassa do componente cáudice, após análise estatística (Tabela 68 e Figura 77), optou-se pelo modelo 4.

Utilizando o modelo 4 para extrapolar a biomassa de cáudice para a população de *D. sellowiana*, encontrou-se para os 152 indivíduos amostrados um total de 2619,416 kg, com valores: mínimo de 2,093 kg, médio de 17,009 kg, máximo de 62,414 kg e desvio padrão de 12,726 kg. Como o erro é de 24,56 %, a biomassa do cáudice pode variar entre 1977,659 kg e 3261,173 kg.

Tabela 68: Coeficientes estimados ( $\beta$ ), Coeficiente de Determinação ( $R^2_{aj}$ ) e Erro Padrão da Estimativa (Syx) e em Porcentagem (Syx%) dos modelos para biomassa do cáudice ajustados para *Dicksonia sellowiana*, na Floresta Nacional de Irati.

Modelo	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$R^2_{aj}$	Syx (kg)	Syx %
1	6,134061	0,001976	-	-	0,71	8,85	50,98
2	ns	0,011976	-	-	0,55	10,85	62,51
3	-12,3003	0,883751	-	-	0,62	10,16	58,51
4	ns	0,258359	1,530991	-	0,93	4,26	24,56
5	-3,47336	0,743343	-	-	0,75	8,10	46,69
6	ns	ns	2,191998	ns	0,91	4,93	28,43

ns – não significativo.

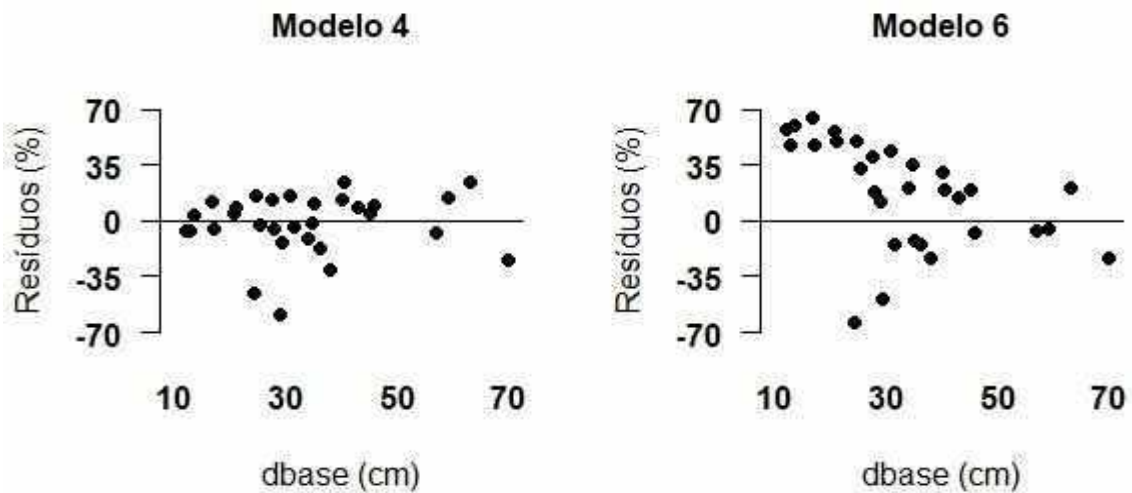


Figura 77: Dispersão de Resíduos da biomassa de cáudice para os dois melhores modelos ajustados para *Dicksonia sellowiana*, na Floresta Nacional de Irati.

Utilizando classes de altura (Tabela 69 e Figura 78) para compreender melhor como se distribui a biomassa dentro da estrutura populacional, com dados transformados de quilograma para tonelada, notou-se que a classe 3,3-4,3 possui 25,8 % da biomassa de cáudice, mesmo não sendo a mais numerosa e, que junto com a classe 4,3-5,3 abrange 48,1 % da biomassa, fazendo com que a diferença em altura se sobreponha ao menor número de indivíduos.

Tabela 69: Classes de altura com seus respectivos números de indivíduos observados (N) e estimativas de biomassa (em tonelada) de cáudice para *Dicksonia sellowiana* para a Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati.

Classe de altura (m)	N	Cáudice
1,3 † 2,3	51	0,285
2,3 † 3,3	32	0,379
3,3 † 4,3	33	0,677
4,3 † 5,3	21	0,584
5,3 † 6,3	10	0,428
6,3 † 7,3	4	0,201
7,3 †	1	0,062

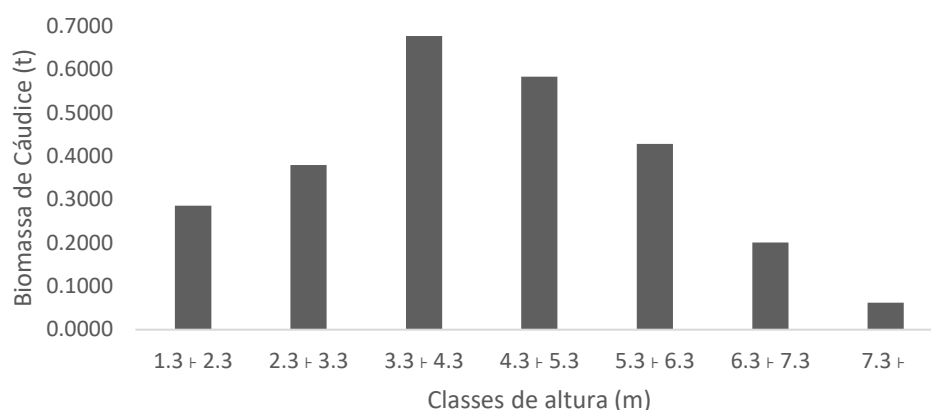


Figura 78: Classes de altura com suas respectivas estimativas de biomassa de cáudice para *Dicksonia sellowiana* em toneladas para a Área 1 (1,85 ha), na Floresta Nacional de Irati.

Sobre a biomassa de cáudice em toneladas por hectare, na área amostrada (1,85 ha) foi obtido um total de 2,620 toneladas e, portanto,  $1,416 \text{ t.ha}^{-1}$ . Tem-se a média de 0,097 toneladas e desvio padrão de 0,148 toneladas por unidade amostral.

Utilizando os dados do volume dos 30 indivíduos amostrados para biomassa, por meio da regra de três foi possível encontrar quantos quilogramas de biomassa se tem em  $1 \text{ m}^3$  de cáudice, em que a média é de 110,343 kg, com amplitude de 46,642 kg até 204,460 kg e com desvio padrão de 30,267 kg.

Assumindo similaridade entre as Áreas 1 e 2, pode-se realizar as estimativas para a biomassa dos componentes fronde e cáudice para *Dicksonia sellowiana* para a Área 2.

Sobre a estimativa de biomassa de frondes por indivíduo (Tabela 70), depois de encontrado o valor médio por fronde (0,054 kg), este foi multiplicado pela quantidade de frondes observadas no inventário (275 no total), para encontrar a estimativa das pinas e das raques de acordo com cada porcentagem que cada componente representa. Para os 15 indivíduos amostrados foi encontrada a amplitude de 10 frondes, totalizando 14,996 kg, sendo 8,548 kg para a componente pina e 6,448 kg para a componente raque.

Tabela 70: Mínimo, médio, máximo e desvio padrão de biomassa (kg) e número observado (N) de frondes de *Dicksonia sellowiana* para a Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati, PR.

Estatísticas	Componentes			
	Pinas	Raque	Fronde	N
Mínimo	0,404	0,305	0,709	13
Médio	0,570	0,430	1,000	18,3
Máximo	0,715	0,539	1,254	23
Desvio padrão	0,100	0,076	0,176	3,2

Trabalhando com os dados de biomassa dos indivíduos em classes de altura (Tabela 71 e Figura 79), e também de kg para tonelada, para facilitar a compreensão da distribuição de biomassa de frondes dos 15 indivíduos que compõem a estrutura populacional, percebeu-se que a classe 2,3-3,3 possui pouca quantidade de biomassa de frondes, quando comparada a classe 1,3-2,3 que possui mesma quantidade de indivíduos, fazendo com que a diferença de alturas mesmo que de maneira não tão evidente.

Sobre a produção de frondes em toneladas por hectare, na área amostrada (1,1 ha) foi encontrado um total de 0,015 toneladas e, portanto,  $0,013 \text{ t.ha}^{-1}$ ; para a componente fronde nas unidades amostrais, a média foi de 0,0018 toneladas e desvio padrão de 0,0012 toneladas; para a componente pina, a média foi de 0,001 toneladas e desvio padrão de 0,0007 toneladas por unidade amostral; para a componente raque, a média foi de 0,0008 toneladas e desvio padrão de 0,0005 toneladas por unidade amostral.

Tabela 71: Classes de altura com seus respectivos números de indivíduos observados (N) e estimativas de biomassa (em tonelada) de *Dicksonia sellowiana* para as componentes pina, raque e fronde para a Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati.

Classe de altura (m)	N	Pina	Raque	Fronde
1,3 + 2,3	6	0,00323	0,00244	0,0057
2,3 + 3,3	6	0,00345	0,0026	0,0061
3,3 + 4,3	3	0,00186	0,00141	0,0033

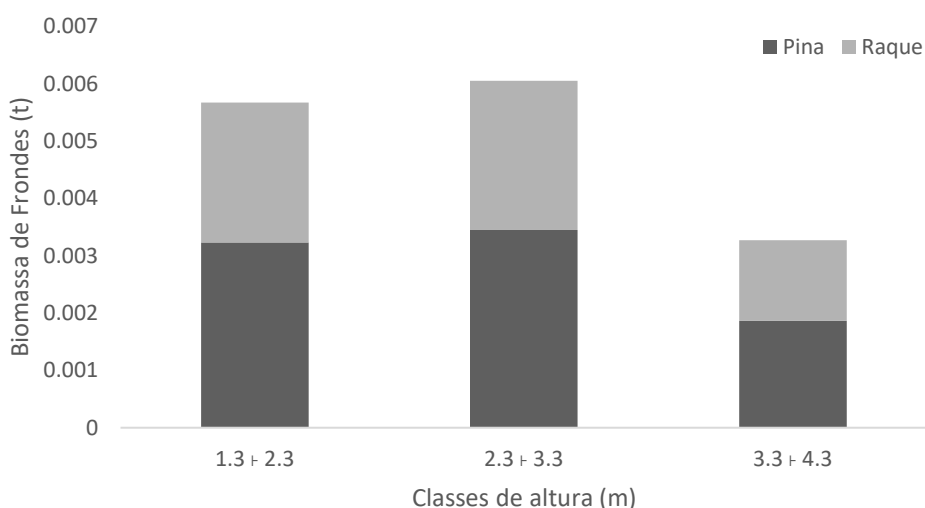


Figura 79: Classes de altura com suas respectivas estimativas de biomassa de *Dicksonia sellowiana* para as componentes pina, raque (e fronde por somatória) em toneladas para a Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati.

Utilizando o modelo 4 para extrapolar a biomassa de cáudice para a população de *D. sellowiana*, para os 15 indivíduos amostrados, foi obtido um total de 149,5 kg, com valores: mínimo de 3,339 kg, médio de 9,967 kg, máximo de 22,809 kg e desvio padrão de 5,642 kg. Como o erro é de 24,56 %, a biomassa do cáudice pode variar entre 112,873 kg e 186,128 kg.

Utilizando classes de altura (Tabela 72 e Figura 80) para compreender melhor como se distribui a biomassa dentro da estrutura populacional, com dados transformados de quilograma para tonelada, notou-se que a classe 3,3-4,3 possui a mesma quantidade de biomassa de cáudice que a classe 2,3-3,3, mesmo possuindo a metade do número de indivíduos, fazendo com que neste caso, a diferença em altura compense a menor quantidade de indivíduos.

Tabela 72: Classes de altura com seus respectivos números de indivíduos observados (N) e estimativas de biomassa de cáudice para *Dicksonia sellowiana* para a Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati.

Classe de altura (m)	N	Cáudice
1,3 + 2,3	6	0,0323
2,3 + 3,3	6	0,0588
3,3 + 4,3	3	0,0584

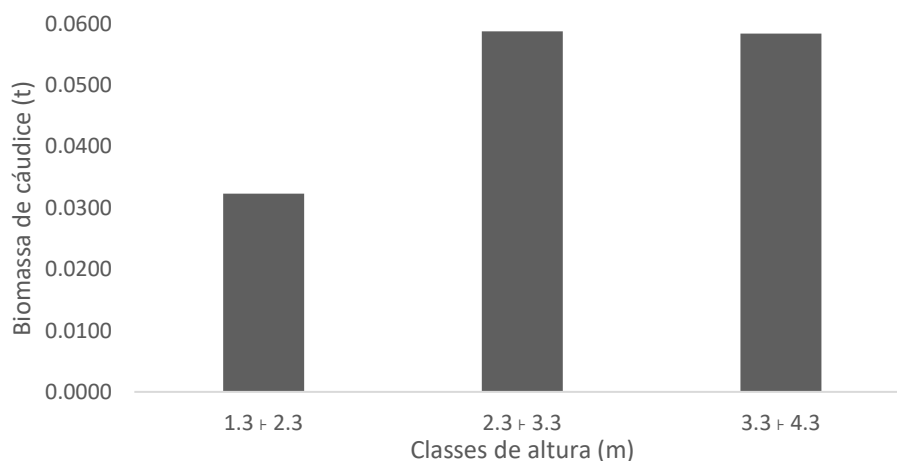


Figura 80: Classes de altura com suas respectivas estimativas de biomassa de cáudice para *Dicksonia sellowiana* em toneladas para a Área 2 (1,1 ha), na Floresta Nacional de Irati.

Sobre a biomassa de cáudice em toneladas por hectare, na área amostrada (1,1 ha) foi encontrado um total de 0,149 toneladas e, portanto,  $0,136 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , com média de 0,018 toneladas e desvio padrão de 0,015 toneladas por unidade amostral.

Sobre estudos de biomassa de samambaia arbórescente, tem-se a pesquisa de Ziemmer, Behling e Dalla Corte (2016), com 20 indivíduos de *Dicksonia sellowiana* e 20 de

*Cyathea corcovadensis* para quantificaram além da biomassa, os teores de carbono destas espécies em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no município de Rio Negro, PR.

Os fetos arborescentes de *Dicksonia sellowiana* apresentaram biomassa total de 32,24 t.ha<sup>-1</sup> (29,43 t.ha<sup>-1</sup> para cáudice e 4,34 t.ha<sup>-1</sup> para frondes). O teor médio de carbono foi de 40,53% para o cáudice e 38,64% para as frondes, com estoque de carbono de 11,92 t.ha<sup>-1</sup> e 1,67 t.ha<sup>-1</sup>, respectivamente (ZIEMMER; BEHLING; DALLA CORTE, 2016).

*D. sellowiana* apresentou para a biomassa do cáudice 1,416 t.ha<sup>-1</sup> para a Área 1 e 0,136 t.ha<sup>-1</sup> para a Área 2. A diferença do esforço amostral entre os estudos, pode explicar a diferença da biomassa estimada para o componente cáudice.

Para a componente fronde, Ziemmer, Behling e Dalla Corte (2016) não realizaram subdivisão, sendo que os dados foram comparados levando-se em consideração somente a componente fronde. *D. sellowiana* apresentou para a biomassa das frondes 0,079 t.ha<sup>-1</sup> para a Área 1 e 0,013 t.ha<sup>-1</sup> para a Área 2. A diferença do esforço amostral entre os estudos além da diferença na metodologia pode explicar a diferença da biomassa estimada para a componente fronde. Também vale ressaltar o fato que no trabalho de Ziemmer, Behling e Dalla Corte (2016), esta espécie apresentou densidade de 172 ind.ha<sup>-1</sup>, que é maior que praticamente o dobro da densidade do presente estudo.

## 5.5 CONCLUSÃO

O componente cáudice representa a maior parte da biomassa das samambaias arborescentes, podendo equivaler de 8 a 11 vezes a biomassa das frondes no caso de *Alsophila setosa*, de 5 a 9 vezes no caso de *Cyathea* spp e de 10 a 17 vezes no caso de *Dicksonia sellowiana*.

*Alsophila setosa* possui maior expressividade de biomassa, tanto para Área 1 quanto para a Área 2, seguida de *Dicksonia sellowiana* e de *Cyathea* spp.

Diante da carência de dados na literatura sobre biomassa de samambaias arborescentes, este estudo veio a preencher esta lacuna, porém, ainda assim são necessários mais estudos para se compreender melhor a contribuição destas espécies de samambaias arborescentes na biomassa florestal, visto que diferentes tipologias florestais podem armazenar quantidades diferentes de biomassa. Além do mais, estas informações fazem parte de um conjunto de informações que auxiliam no direcionamento do manejo e ações que possam contribuir para a conservação das florestas.

## REFERÊNCIAS

BATISTA, J. L. F.; COUTO, H. T. Z.; SILVA FILHO. **Quantificação de recursos florestais: árvores, arvoredos e florestas**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014, 384p.

CAVALLET L. E.; PAULA V.P. Estimativa da remoção de Carbono na biomassa aérea em decorrência da adequação das Áreas de Preservação Permanente na bacia do Rio Pequeno (Antonina/PR). In: BOLDRINI, E. B.; SOARES, C. R.; PAULA, E. V. de. (Org.). *Dragagens Portuárias no Brasil: Engenharia, tecnologia e meio ambiente*. Antonina, PR, p. 262-274, 2008.

POGGIANI, F.. Ciclagem de nutrientes em florestas do Brasil. In: MARTINS, S. V. (editor) **Ecologia de Florestas Tropicais do Brasil**. 2 ed, Viçosa, Ed. UFV, 2012, 371p.

SANQUETTA, C. R. **Métodos de determinação de biomassa florestal**. In: SANQUETTA, C. R. *et al.* (editores.). *As florestas e o carbono*. UFPR - Curitiba, 2002.

SILVEIRA, P.; KOEHLER, H. S.; SANQUETTA, C. R.; ARCE, J. E.. O ESTADO DA ARTE NA ESTIMATIVA DE BIOMASSA E CARBONO EM FORMAÇÕES FLORESTAIS. **FLORESTA**, Curitiba, PR, 2008. v. 38, n. 1.

SOARES, C. P. B.; NETO, F. P.; SOUZA, A. L.. **Dendrometria e inventário florestal**. 2 ed. 1 reimpressão. Viçosa, Ed. UFV, 2012. 272p.

WATZLAWICK, L. F.; BALBINOT, R.; SANQUETTA, C. R.; CALDEIRA, M. V. W. Teores de carbono em espécies da Floresta Ombrófila Mista. In: SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R.; ZILIOOTTO, M. A. B. **Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas**. Curitiba: AM Impressos, p. 95 - 109, 2004.

ZIEMMER, J. K.; BEHLING, A.; DALLA CORTE, A. P.. Quantificação da Biomassa e dos Teores de Carbono de Pteridófitas Arborescentes Em Floresta Ombrófila Mista. **BIOFIX Scientific Journal**, 2016. v.1, n.1, p.60-73.

ZIEMMER, J. K. **QUANTIFICAÇÃO DE BIOMASSA, ESTOQUE E TEORES DE CARBONO EM DUAS ESPÉCIES DE PTERIDÓFITAS ARBORESCENTES DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA**. 33 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Projetos Sustentáveis, Mudanças Climáticas e Gestão Corporativa de Carbono) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.



## **APÊNDICES**

**Apêndice A:** Dominância absoluta (DoA, em m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>) e relativa (DoR), densidade absoluta (DA, em indivíduos/ha<sup>-1</sup>) e relativa (DR), frequência absoluta (FA) e relativa (FR, em %) e índice de valor de importância (IVI) de cada espécie para a Floresta Nacional de Irati, na Área 1, com os valores ordenados de maneira decrescente conforme o IVI de cada espécie.

Nº	Espécie	N	DA	DR	DoA	DoR	FA	FR	IVI
1	<b><i>Alsophila setosa</i> Kaulf</b>	<b>2847</b>	<b>1538,92</b>	<b>69,57</b>	<b>14,3</b>	<b>26,37</b>	<b>94,59</b>	<b>5,26</b>	<b>33,73</b>
2	<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	72	38,92	1,76	8,88	16,37	72,97	4,05	7,39
3	<b><i>Dicksonia sellowiana</i> Hook</b>	<b>152</b>	<b>82,16</b>	<b>3,71</b>	<b>5,41</b>	<b>9,97</b>	<b>72,97</b>	<b>4,05</b>	<b>5,91</b>
4	<i>Ilex paraguariensis</i> A. St.-Hil.	101	54,59	2,47	1,65	3,04	86,49	4,8	3,44
5	<i>Ocotea odorifera</i> (Vell.) Rohwer	100	54,05	2,44	1,73	3,19	56,76	3,15	2,93
6	<i>Nectandra grandiflora</i> Nees	55	29,73	1,34	1,69	3,12	75,68	4,2	2,89
7	<i>Ocotea porosa</i> (Nees & Mart.) Barroso	35	18,92	0,86	2,43	4,48	40,54	2,25	2,53
8	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	25	13,51	0,61	1,91	3,53	48,65	2,7	2,28
9	<i>Casearia decandra</i> Jacq.	58	31,35	1,42	0,77	1,43	67,57	3,75	2,2
10	<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	32	17,3	0,78	1,07	1,97	48,65	2,7	1,82
11	<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	21	11,35	0,51	1,52	2,8	35,14	1,95	1,75
12	<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	18	9,73	0,44	1,35	2,5	40,54	2,25	1,73
13	<i>Syagrus romanzoffiana</i> Glassman	33	17,84	0,81	0,82	1,51	45,95	2,55	1,62
14	<i>Coussarea contracta</i> (Walp.) M.Arg.	44	23,78	1,08	0,39	0,72	48,65	2,7	1,5
15	<i>Picrasma crenata</i> (Vell.) Engl.	7	3,78	0,17	1,82	3,36	16,22	0,9	1,48
16	<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	32	17,3	0,78	0,5	0,93	45,95	2,55	1,42
17	<b><i>Cyathea phalerata</i> Mart</b>	<b>36</b>	<b>19,46</b>	<b>0,88</b>	<b>0,35</b>	<b>0,64</b>	<b>45,95</b>	<b>2,55</b>	<b>1,36</b>
18	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	30	16,22	0,73	0,39	0,73	40,54	2,25	1,24
19	<i>Dalbergia brasiliensis</i> Vogel	20	10,81	0,49	0,35	0,64	43,24	2,4	1,18
20	<i>Ilex theezans</i> Mart. ex Reissek	20	10,81	0,49	0,27	0,5	43,24	2,4	1,13
21	<i>Psychotria vellosiana</i> Benth.	22	11,89	0,54	0,4	0,74	37,84	2,1	1,13
22	<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez	14	7,57	0,34	0,57	1,05	35,14	1,95	1,11
23	<i>Cinnamodendron dinisii</i> Schwacke	17	9,19	0,42	0,55	1,01	32,43	1,8	1,08
24	<i>Myrciaria floribunda</i> O.Berg	21	11,35	0,51	0,14	0,26	40,54	2,25	1,01
25	<i>Campomanesia xanthocarpa</i> O.Berg	12	6,49	0,29	0,32	0,59	27,03	1,5	0,79
26	<i>Myrcia hebetata</i> DC.	22	11,89	0,54	0,18	0,33	27,03	1,5	0,79
27	<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	11	5,95	0,27	0,41	0,76	21,62	1,2	0,74
28	<i>Eugenia involucrata</i> DC.	14	7,57	0,34	0,16	0,3	24,32	1,35	0,66
29	<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	16	8,65	0,39	0,13	0,25	21,62	1,2	0,61
30	<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> Engl.	9	4,86	0,22	0,2	0,36	21,62	1,2	0,59
31	<i>Casearia obliqua</i> Spreng.	9	4,86	0,22	0,24	0,44	18,92	1,05	0,57
32	<i>Allophylus edulis</i> Hieron. ex Niederl.	12	6,49	0,29	0,09	0,17	21,62	1,2	0,55
33	<i>Sloanea hirsuta</i> Planch. ex Benth.	5	2,7	0,12	0,27	0,5	13,51	0,75	0,46
34	<i>Schefflera morototoni</i> Maguire et al.	7	3,78	0,17	0,24	0,44	13,51	0,75	0,45
35	<i>Vernonanthura difusa</i> (Less.) H.Rob.	9	4,86	0,22	0,15	0,27	13,51	0,75	0,41
36	<i>Rudgea jasminoides</i> (Cham.) Mll.Arg.	7	3,78	0,17	0,04	0,08	16,22	0,9	0,38
37	<i>Casearia lasiophylla</i> Eichler	6	3,24	0,15	0,04	0,08	16,22	0,9	0,38
38	<i>Drimys brasiliensis</i> Miers	7	3,78	0,17	0,08	0,14	13,51	0,75	0,36
39	<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	5	2,7	0,12	0,13	0,25	10,81	0,6	0,32
40	<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	5	2,7	0,12	0,04	0,07	13,51	0,75	0,32

Continua...

41	<i>Piptocarpha angustifolia</i> D ex Malme	5	2,7	0,12	0,04	0,07	13,51	0,75	0,31
42	<i>Persea major</i> (Meisn.) L.E.Kopp	3	1,62	0,07	0,22	0,4	8,11	0,45	0,31
43	<i>Clethra scabra</i> Pers.	4	2,16	0,1	0,09	0,17	10,81	0,6	0,29
44	<i>Diatenopteryx sorbifolia</i> Radlk.	5	2,7	0,12	0,15	0,28	8,11	0,45	0,28
45	<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	3	1,62	0,07	0,14	0,26	8,11	0,45	0,26
46	<i>Curitiba prismatica</i> Salywon & Landrum	4	2,16	0,1	0,04	0,08	10,81	0,6	0,26
47	<i>Machaerium stipitatum</i> (DC.) Vogel	3	1,62	0,07	0,13	0,24	8,11	0,45	0,25
48	<i>Symplocos uniflora</i> (Pohl) Benth.	4	2,16	0,1	0,02	0,04	10,81	0,6	0,25
49	<i>Vernonanthura petiolaris</i> (DC.) H. Rob.	4	2,16	0,1	0,04	0,07	8,11	0,45	0,21
50	<i>Symplocos tenuifolia</i> Brand.	8	4,32	0,2	0,05	0,09	5,41	0,3	0,2
51	<i>Plinia cauliflora</i> (Mart.) Kausel	4	2,16	0,1	0,1	0,18	5,41	0,3	0,19
52	<i>Solanum pseudoquina</i> A. St.- Hil.	3	1,62	0,07	0,03	0,05	8,11	0,45	0,19
53	<i>Allophylus petiolulatus</i> Radlk.	3	1,62	0,07	0,02	0,04	8,11	0,45	0,19
54	<i>Blepharocalyx salicifolius</i> O.Berg	3	1,62	0,07	0,02	0,03	8,11	0,45	0,18
55	<i>Laplacea fruticosa</i> (Schrad.) Kobuski	2	1,08	0,05	0,1	0,19	5,41	0,3	0,18
56	<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.	2	1,08	0,05	0,09	0,17	5,41	0,3	0,17
57	<i>Styrax leprosus</i> Hook. & Arn.	3	1,62	0,07	0,08	0,15	5,41	0,3	0,17
58	<i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil.	2	1,08	0,05	0,08	0,15	5,41	0,3	0,17
59	<i>Inga virescens</i> Benth.	3	1,62	0,07	0,06	0,12	5,41	0,3	0,16
60	<i>Ilex brevicuspis</i> Reissek	3	1,62	0,07	0,06	0,11	5,41	0,3	0,16
61	<i>Mimosa scabrella</i> Benth.	4	2,16	0,1	0,04	0,07	5,41	0,3	0,16
62	<i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.	2	1,08	0,05	0,05	0,1	5,41	0,3	0,15
63	<i>Cinnamomum sellowianum</i> Kosterm.	2	1,08	0,05	0,04	0,08	5,41	0,3	0,14
64	<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.	2	1,08	0,05	0,04	0,07	5,41	0,3	0,14
65	<i>Chrysophyllum marginatum</i> Radlk.	2	1,08	0,05	0,04	0,07	5,41	0,3	0,14
<b>66</b>	<b><i>Cyathea corcovadensis</i> (Raddi) Domin</b>	<b>2</b>	<b>1,08</b>	<b>0,05</b>	<b>0,04</b>	<b>0,07</b>	<b>5,41</b>	<b>0,3</b>	<b>0,14</b>
67	<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	2	1,08	0,05	0,03	0,06	5,41	0,3	0,14
68	<i>Piptocarpha axillaris</i> (Less.) Baker	2	1,08	0,05	0,03	0,06	5,41	0,3	0,14
69	<i>Maytenus ilicifolia</i> Mart. ex Reissek	2	1,08	0,05	0,03	0,06	5,41	0,3	0,13
70	<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) Moldenke	2	1,08	0,05	0,02	0,04	5,41	0,3	0,13
71	<i>Myrciaria delicatula</i> (DC.) O.Berg	2	1,08	0,05	0,02	0,03	5,41	0,3	0,13
72	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	2	1,08	0,05	0,02	0,03	5,41	0,3	0,13
73	<i>Ocotea corymbosa</i> (Meisn.) Mez	2	1,08	0,05	0,02	0,03	5,41	0,3	0,13
74	<i>Prockia crucis</i> P.Browne ex L.	2	1,08	0,05	0,01	0,03	5,41	0,3	0,13
75	<i>Symplocos tetrandra</i> Mart.	2	1,08	0,05	0,01	0,02	5,41	0,3	0,12
76	<i>Mollinedia clavigera</i> Tul.	2	1,08	0,05	0,01	0,02	5,41	0,3	0,12
77	<i>Cassia leptophylla</i> Vogel	1	0,54	0,02	0,04	0,07	2,7	0,15	0,08
78	<i>Ocotea indecora</i> (Schott) Mez	1	0,54	0,02	0,03	0,06	2,7	0,15	0,08
79	<i>Baccharis semisserata</i> DC.	2	1,08	0,05	0,01	0,02	2,7	0,15	0,07
80	<i>Sebastiania commersoniana</i> Sm.&Downs	1	0,54	0,02	0,02	0,04	2,7	0,15	0,07
81	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	1	0,54	0,02	0,01	0,03	2,7	0,15	0,07
82	<i>Lamanonia ternata</i> Vell.	1	0,54	0,02	0,01	0,03	2,7	0,15	0,07
83	<i>Roupala montana</i> Aubl.	1	0,54	0,02	0,01	0,03	2,7	0,15	0,07
84	<i>Nectandra lanceolata</i> Nees	1	0,54	0,02	0,01	0,02	2,7	0,15	0,06

								<i>Conclusão</i>	
85	<i>Xylosma pseudosalzmanii</i> Sleumer	1	0,54	0,02	0,01	0,02	2,7	0,15	0,06
86	<i>Ilex dumosa</i> Reissek	1	0,54	0,02	0,01	0,02	2,7	0,15	0,06
87	<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	1	0,54	0,02	0,01	0,01	2,7	0,15	0,06
88	N. I.	1	0,54	0,02	0,01	0,01	2,7	0,15	0,06
89	<i>Myrsine coriacea</i> Roem. & Schult.	1	0,54	0,02	0,01	0,01	2,7	0,15	0,06
90	<i>Maytenus aquifolia</i> Mart.	1	0,54	0,02	0,01	0,01	2,7	0,15	0,06
91	<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.	1	0,54	0,02	0,01	0,01	2,7	0,15	0,06
92	<i>Casearia gossypiosperma</i> Briq.	1	0,54	0,02	0,01	0,01	2,7	0,15	0,06
93	<i>Annona sylvatica</i> A.St.-Hil.	1	0,54	0,02	0	0,01	2,7	0,15	0,06
94	<i>Ruprechtia laxiflora</i> Meisn.	1	0,54	0,02	0	0,01	2,7	0,15	0,06
Total		4092	2211,79	100	54,21	100	1800,08	100	100

**Apêndice B:** Dominância absoluta (DoA, em m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>) e relativa (DoR), densidade absoluta (DA, em indivíduos/ha<sup>-1</sup>) e relativa (DR), frequência absoluta (FA) e relativa (FR, em %) e índice de valor de importância (IVI) de cada espécie para a Floresta Nacional de Irati, na Área 2, com os valores ordenados de maneira decrescente conforme o IVI de cada espécie.

Nº	Espécie	N	DA	DR	DoA	DoR	FA	FR	IVI
1	<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	307	279,09	18,64	34,26	66,73	100	6,67	30,68
<b>2</b>	<b><i>Alsophila setosa</i> Kaulf</b>	<b>661</b>	<b>600,91</b>	<b>40,13</b>	<b>5,23</b>	<b>10,18</b>	<b>77,27</b>	<b>5,15</b>	<b>18,49</b>
3	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	108	98,18	6,56	1,33	2,58	95,45	6,36	5,17
4	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	82	74,55	4,98	1,21	2,37	72,73	4,85	4,06
5	<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	72	65,45	4,37	0,88	1,71	90,91	6,06	4,05
6	<i>Psychotria vellosiana</i> Benth.	60	54,55	3,64	1,24	2,41	81,82	5,45	3,84
7	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	25	22,73	1,52	0,71	1,38	68,18	4,55	2,48
8	<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) M.Arg.	32	29,09	1,94	0,62	1,22	59,09	3,94	2,37
9	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	25	22,73	1,52	0,89	1,74	50,00	3,33	2,20
10	<i>Ilex paraguariensis</i> A. St.-Hil.	25	22,73	1,52	0,26	0,51	68,18	4,55	2,19
11	<i>Vernonanthura discolor</i> (Spreng.) H. Rob.	17	15,45	1,03	0,36	0,71	50,00	3,33	1,69
12	<i>Casearia obliqua</i> Spreng.	16	14,55	0,97	0,33	0,65	45,45	3,03	1,55
13	<i>Casearia lasiophylla</i> Eichler	15	13,64	0,91	0,17	0,33	50,00	3,33	1,52
14	<i>Casearia decandra</i> Jacq.	16	14,55	0,97	0,19	0,37	45,45	3,03	1,46
<b>15</b>	<b><i>Dicksonia sellowiana</i> Hook</b>	<b>15</b>	<b>13,64</b>	<b>0,91</b>	<b>0,39</b>	<b>0,76</b>	<b>36,36</b>	<b>2,42</b>	<b>1,36</b>
16	<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	20	18,18	1,21	0,66	1,29	22,73	1,52	1,34
17	<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	12	10,91	0,73	0,13	0,25	36,36	2,42	1,14
18	<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	13	11,82	0,79	0,24	0,46	31,82	2,12	1,12
19	<i>Dalbergia brasiliensis</i> Vogel	10	9,09	0,61	0,15	0,30	22,73	1,52	0,81
20	<i>Allophylus edulis</i> Hieron. ex Niederl.	9	8,18	0,55	0,09	0,17	22,73	1,52	0,74
21	<i>Clethra scabra</i> Pers.	7	6,36	0,43	0,10	0,19	22,73	1,52	0,71
22	<i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.	9	8,18	0,55	0,14	0,27	18,18	1,21	0,68
23	<i>Schefflera morototoni</i> Maguire et al.	6	5,45	0,36	0,07	0,14	22,73	1,52	0,67
24	<i>Cinnamodendron dinisii</i> Schwacke	6	5,45	0,36	0,10	0,20	18,18	1,21	0,59
25	<i>Vernonanthura petiolaris</i> (DC.) H. Rob.	5	4,55	0,30	0,11	0,21	18,18	1,21	0,58
26	<i>Albizia edwallii</i> Barneby & J. Grimes	5	4,55	0,30	0,09	0,17	18,18	1,21	0,56
<b>27</b>	<b><i>Cyathea corcovadensis</i> (Raddi) Domin</b>	<b>4</b>	<b>3,64</b>	<b>0,24</b>	<b>0,08</b>	<b>0,16</b>	<b>18,18</b>	<b>1,21</b>	<b>0,54</b>
28	<i>Ilex brevicuspis</i> Reissek	7	6,36	0,43	0,14	0,28	13,64	0,91	0,54
29	N.I.	4	3,64	0,24	0,04	0,08	18,18	1,21	0,51
30	<i>Campomanesia xanthocarpa</i> O.Berg	5	4,55	0,30	0,11	0,22	13,64	0,91	0,48
31	<i>Inga virescens</i> Benth.	4	3,64	0,24	0,10	0,20	13,64	0,91	0,45
32	<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	4	3,64	0,24	0,08	0,15	13,64	0,91	0,43
33	<i>Ocotea indecora</i> (Schott) Mez	3	2,73	0,18	0,09	0,17	13,64	0,91	0,42
34	<i>Ficus enormis</i> (Mart. ex Miq.) Mart.	3	2,73	0,18	0,06	0,11	13,64	0,91	0,40
35	<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	3	2,73	0,18	0,16	0,32	9,09	0,61	0,37
36	<i>Quillaja brasiliensis</i> Mart.	4	3,64	0,24	0,05	0,09	9,09	0,61	0,31
37	<i>Nectandra lanceolata</i> Nees	3	2,73	0,18	0,07	0,14	9,09	0,61	0,31
38	<i>Machaerium stipitatum</i> (DC.) Vogel	3	2,73	0,18	0,03	0,06	9,09	0,61	0,28

Continua...

							<i>Conclusão...</i>		
39	<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.	2	1,82	0,12	0,04	0,07	9,09	0,61	0,27
40	<b><i>Cyathea phalerata</i> Mart</b>	<b>2</b>	<b>1,82</b>	<b>0,12</b>	<b>0,02</b>	<b>0,05</b>	<b>9,09</b>	<b>0,61</b>	<b>0,26</b>
41	<i>Trichilia claussenii</i> C.DC.	2	1,82	0,12	0,02	0,03	9,09	0,61	0,25
42	<i>Ocotea porosa</i> (Nees & Mart.) Barroso	1	0,91	0,06	0,07	0,13	4,55	0,30	0,16
43	<i>Hovenia dulcis</i> Thunberg	1	0,91	0,06	0,05	0,10	4,55	0,30	0,16
44	<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez	1	0,91	0,06	0,04	0,08	4,55	0,30	0,15
45	<i>Picrasma crenata</i> (Vell.) Engl.	1	0,91	0,06	0,02	0,04	4,55	0,30	0,13
46	<i>Piptocarpha macropoda</i> Baker	1	0,91	0,06	0,02	0,03	4,55	0,30	0,13
47	<i>Ilex dumosa</i> Reissek	1	0,91	0,06	0,02	0,03	4,55	0,30	0,13
48	<i>Nectandra grandiflora</i> Nees	1	0,91	0,06	0,01	0,03	4,55	0,30	0,13
49	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	1	0,91	0,06	0,01	0,03	4,55	0,30	0,13
50	<i>Piptocarpha axillaris</i> (Less.) Baker	1	0,91	0,06	0,01	0,02	4,55	0,30	0,13
51	<i>Cordyline spectabilis</i> Kunth & Bouch	1	0,91	0,06	0,01	0,02	4,55	0,30	0,13
52	<i>Cedrela lilloi</i> C. DC.	1	0,91	0,06	0,01	0,02	4,55	0,30	0,13
53	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	1	0,91	0,06	0,01	0,02	4,55	0,30	0,13
54	<i>Casearia gossypiosperma</i> Briq.	1	0,91	0,06	0,01	0,02	4,55	0,30	0,13
55	<i>Ocotea pulchella</i> (Nees) Mez	1	0,91	0,06	0,01	0,02	4,55	0,30	0,13
56	<i>Cordia ecalyculata</i> Vell.	1	0,91	0,06	0,01	0,02	4,55	0,30	0,13
57	<i>Drimys brasiliensis</i> Miers	1	0,91	0,06	0,01	0,01	4,55	0,30	0,13
<b>Total</b>		<b>1647</b>	<b>1497,34</b>	<b>100</b>	<b>51,36</b>	<b>100</b>	<b>1500,07</b>	<b>100</b>	<b>100</b>